

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
ESPECIALIZAÇÃO EM GERENCIAMENTO DE OBRAS**

**PEDRO JABLINSKI CASTELHANO**

**APLICAÇÃO DO CONCEITO BIM EM  
PROJETOS DE ARQUITETURA EM  
MADEIRA**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**CURITIBA**

**2013**

PEDRO JABLINSKI CASTELHANO

# **APLICAÇÃO DO CONCEITO BIM EM PROJETOS DE ARQUITETURA EM MADEIRA**

Monografia apresentada para obtenção de título de Especialista no Curso de Pós Graduação em Gerenciamento de Obras, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.

Orientador: Prof. Eloy Fassi Casagrande Junior

CURITIBA

2013

**Pedro Jablinski Castelhana**

**APLICAÇÃO DO CONCEITO BIM EM PROJETOS DE ARQUITETURA EM  
MADEIRA**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de *Especialista* no Curso de Pós-Graduação em Gerenciamento de Obras, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Orientador:

---

Prof. Eloy Fassi Casagrande Junior  
Professor do XVIII GEOB, UTFPR

Banca:

---

Prof.  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR

---

Prof.  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR

Curitiba  
2013

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

## RESUMO

CASTELHANO, Pedro. Aplicação do conceito bim em projetos de arquitetura em madeira.2013.45 f. Monografia (Especialização em Gerenciamento de Obras) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.Curitiba, 2013.

A pesquisa tem como objetivo comprovar a vantagem do uso do conceito BIM no projeto de construções em madeira. Para tanto foi pesquisada como é feita a concepção de projetos de arquitetura em madeira e seus princípios básicos. Foi levantado o uso do conceito BIM na realidade brasileira e quais são os princípios do BIM. Se comparou um mesmo projeto, detalhado se utilizando o conceito BIM e depois com o uso do CAD para que de maneira empírica, se pudesse comprovar as vantagens do BIM.

**Palavras-chave:** Arquitetura em madeira. Building Information Modeling. BIM.

## ABSTRACT

CASTELHANO, Pedro. Application of the bim concept in wooden architecture designs.2013.45 f. Monografia (Especialização em Gerenciamento de Obras) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.Curitiba, 2013.

This research has as goal to prove the advantages of the use of the BIM concept in the wooden buildings projects. For this was made a research on the wooden architectur projects conception and its basics principles. The use of the BIM in the brasilian context was researched, as also all the BIM principles. The same project was made with the BIM concept and with the CAD concept, so in an empiric way, could be possible to prove the advantages of BIM.

**Keywords:** Wooden architecture. Building Information Modeling. BIM.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
1.1 Delimitação do tema.....	10
1.2 Problematização.....	10
1.3 Objetivos.....	10
1.3.1 Objetivos gerais.....	10
1.3.2 Objetivos específicos.....	10
1.4 Justificativa.....	11
1.5 Estrutura do trabalho.....	12
1.6 Metodologia.....	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1. Madeira como material de construção.....	14
2.1.1 Propriedades da madeira.....	14
2.1.1.1 Alta resistência mecânica a esforços de compressão.....	14
2.1.1.2 Alta resistência mecânica a esforços de tração.....	15
2.1.1.3 Alta resistência ao fogo.....	16
2.1.1.3 Outras características.....	17
2.1.2 Técnicas construtivas em madeira.....	17
2.1.2.1 Sistema Log.....	17
2.1.2.2 Sistema plataforma.....	18
2.1.3 Concepção de projetos de arquitetura em madeira.....	19
2.2 Conceito BIM.....	22
2.2.1 Comparativo entre CAD e BIM.....	22
2.2.2 Autodesk Revit Architecture.....	23
2.2.2.3 Famílias.....	24
2.2.2.4 Tipos.....	25
3. APLICAÇÃO DO CONCEITO BIM NAS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS EM MADEIRA.....	26
3.1 O conceito BIM aplicado ao princípio da dissociação entre estrutura, fechamento e paramento.....	26
3.2 O conceito BIM aplicado ao princípio da técnica flexível e evolutiva.....	27
3.3 O conceito BIM aplicado ao princípio do rigor construtivo.....	28
3.4 O conceito BIM aplicado ao princípio do detalhe.....	28

4. COMPARATIVO PRÁTICO ENTRE CAD E BIM.....	29
4.1 Edificação em madeira projetada com o conceito BIM.....	30
4.1.1 Configurações iniciais.....	30
4.1.2 Terreno.....	31
4.1.3 Colocação das paredes.....	31
4.1.4 Piso.....	32
4.1.5 Esquadrias.....	32
4.1.6 Molho, cotas, ambientes.....	33
4.1.7 Estrutura.....	34
4.1.8 Cobertura.....	35
4.1.9 Gerando as vistas.....	35
4.2 Edificação em madeira projetada com o conceito CAD.....	36
4.2.1 Paredes.....	36
4.2.2 Esquadrias.....	36
4.2.3 Cotas, indicações, molho.....	37
4.2.4 Elevações, cortes.....	37
4.3 Análise e comparação dos resultados.....	38
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
5.1 Cumprimento dos objetivos .....	41
5.2 Continuidade.....	41
5.3 Conclusão.....	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
REFERÊNCIAS WEBGRÁFICAS.....	44

## 1. INTRODUÇÃO

A madeira é um dos mais versáteis materiais encontrados na natureza, seu uso foi feito pelas mais diversas civilizações nas mais diversas épocas históricas e para as mais diversas finalidades: desde instrumentos musicais até armas, passando pela arquitetura. É incontável o número de edificações de madeira que se destacam pela sua beleza, robustez e até durabilidade. Dessa forma, é inegável a versatilidade da madeira.

O discurso da sustentabilidade, tão repetido desde o início dos anos 90 até os dias de hoje (e sem dúvida por muito tempo ainda), faz apologia ao bom uso da madeira na construção civil por ser esta um material renovável e que não agride o meio ambiente. No entanto, muito antes de existir o conceito de sustentabilidade os países desenvolvidos do norte do globo já faziam o uso do material na maioria de suas edificações, as técnicas construtivas foram mantidas e aperfeiçoadas geração após geração. Hoje a grande maioria das edificações habitáveis em países como Estados Unidos e Canadá é feita de madeira (MELLO, 2007).

As vantagens do uso da madeira na construção civil são várias: preço sensivelmente menor, mais durabilidade, melhores conforto térmico e acústico, um sem número de possibilidades plásticas além da facilidade e rapidez na construção. Porém, na América latina e principalmente no Brasil, esse uso é cercado de preconceito, tanto por motivos culturais quanto por motivos econômicos (a indústria do aço e do cimento sempre foram vistas como importantes para o desenvolvimento do país). A população brasileira dessa forma, dá preferência às casas de alvenaria. A cidade de Curitiba, por exemplo, que se autodenomina “capital ecológica”, é um cenário onde é bastante comum as convenções de condomínios horizontais de classe média que proíbem a construção de casas de madeira dentro de seus muros. Ou seja, no Brasil, o uso de construções em alvenaria está fortemente marcado na cultura de seu povo.



Convencionando que o uso da madeira na construção civil começa pelo arquiteto (e pelos projetistas em geral), logo se pensa em como esse profissional, através do projeto, pode melhorar seu uso. O mais recente conceito para concepção e execução de projetos de arquitetura (e para projetos complementares) está nos softwares do tipo BIM (*building information modeling*). Esses softwares são vistos hoje como o futuro da atividade projetual em arquitetura. De maneira resumida, os softwares desse tipo permitem criar edificações inteiras dentro de um ambiente gráfico tridimensional com especificações e características de materiais detalhadas. O projeto de arquitetura (e os complementares) são mais fiéis à realidade da obra. Ainda, o tempo gasto num projeto com o uso do BIM é sensivelmente inferior quando comparado a um projeto feito com software do tipo CAD, bem como o tempo gasto com as compatibilizações de projeto. Pode-se dizer que a mesma evolução sentida na transição das pranchetas de desenho para o CAD será sentida na transição do CAD para o BIM.

No Brasil a nova tecnologia ainda é muito pouco usada pelos projetistas e arquitetos, porém as inúmeras vantagens do BIM fazem com que seja uma necessidade quase imediata que os projetistas em geral comecem a utilizá-los, a iniciativa precisa vir dos arquitetos.

*É nas fases iniciais da elaboração do projeto que surge a definição do software a ser utilizado, portanto é do arquiteto que deve partir a iniciativa de usar BIM.*  
(HILGENBERG et. al, 2012)

O arquiteto é o principal responsável pela definição tanto dos materiais e técnicas construtivas de uma obra, como da tecnologia e do software utilizado na concepção dos projetos. É a partir do projeto de arquitetura que os projetos complementares são concebidos e é com base nas especificações do projeto de arquitetura que os materiais são escolhidos e as técnicas construtivas executadas. Nada mais natural, quando se está buscando uma melhora na aplicação da madeira na construção civil, do que ter os arquitetos como alvo.

## **1.1 Delimitação do tema**

A monografia aborda o uso do BIM na concepção de projetos de arquitetura em madeira. O tema fica limitado à realidade brasileira e às técnicas construtivas em madeira mais largamente utilizadas no Brasil hoje. O foco principal são projetos de arquitetura com finalidade de habitação, sem especificação de metragem (mínima ou máxima) ou padrão de acabamento. Naturalmente, os mesmos princípios aqui debatidos podem ser aplicados em projetos de arquitetura em madeira com qualquer outra finalidade (não habitacional). A abordagem geral dos softwares do tipo BIM dará um foco principal ao software Revit Architecture, produzido pela Autodesk.

## **1.2 Problematização**

Definido o assunto e delimitado o tema, ficam como problemas principais desta pesquisa: “até que ponto é vantajoso o uso da tecnologia bim na concepção de projetos de arquitetura em madeira?” e “como o uso da tecnologia BIM pode ser utilizado na concepção de projetos de arquitetura habitacional em madeira na realidade brasileira atual?”.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivos gerais**

O objetivo geral do trabalho é o levantamento de dados e a coleta de informações e, através deles, comprovar a vantagem do uso da tecnologia BIM na concepção dos projetos em madeira, com especial ênfase ao Revit Architecture, da Autodesk.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Pesquisar o uso da madeira como material de construção, bem

como seus principais produtos na construção civil, através de revisão bibliográfica;

- Pesquisar de que maneira o uso de madeira, como material de construção, pode afetar a concepção dos projetos de arquitetura, através de revisão bibliográfica;
- Descrever o funcionamento da tecnologia BIM, em específico a do software Revit Architecture e as facilidades e vantagens de projetar por esse sistema;
- Relacionar as possibilidades projetuais proporcionadas com o BIM com as necessidades projetuais da arquitetura em madeira e comprovar as vantagens do uso do BIM.

#### **1.4 Justificativa**

O aumento do uso da madeira na arquitetura brasileira depende do trabalho de vários profissionais, desde os arquitetos e projetistas até os profissionais dos canteiros de obras do país. A figura do arquiteto, porém, é nesse aspecto a mais importante. O projeto de arquitetura é que define os materiais e técnicas de construção e conseqüentemente determinará o uso do referido material em todo o processo construtivo. No caso específico da construção em madeira, o projetista deve considerar ainda algumas variáveis que não existem nas outras técnicas construtivas, principalmente nas soluções estruturais, um projeto para alvenaria não pode ser simplesmente “adaptado” à técnica da madeira.

*A prática do projeto em madeira, diferentemente dos sistemas convencionais em alvenaria e concreto, exige procedimentos específicos que se refletem na execução da edificação, e a relação entra a concepção arquitetônica e estrutural tem um papel decisivo na consolidação desta*

*prática.*

*(MELLO, 2007)*

Assim, é possível dizer que, na construção em madeira, a importância do detalhamento em projeto é ainda maior, quando se compara com as construções em alvenaria. O uso da tecnologia BIM, nesse aspecto, é mais vantajoso para projetos de arquitetura em madeira do que o é para projetos em alvenaria.

## **1.5 Estrutura do trabalho**

O trabalho está dividido em quatro capítulos principais. O primeiro é introdutório, apresenta a pesquisa, delimita seu tema, estabelece as metas e métodos aqui aplicados e justifica a escolha do tema.

O segundo capítulo é composto de uma revisão bibliográfica básica, discorrerá sobre a arquitetura em madeira, sobre o conceito BIM e sobre o software Revit Architecture. O referido capítulo servirá de fundamentação teórica para o terceiro capítulo, onde o uso da tecnologia BIM será relacionado com a arquitetura em madeira através de um comparativo prático entre o conceito BIM e o conceito CAD.

No quarto e último capítulo da monografia, são mostradas algumas considerações finais, conclusões e ainda, são apontadas algumas possíveis pesquisas complementares.

## **1.6 Metodologia**

O desenvolvimento do trabalho é simples: revisão bibliográfica de teses, artigos e publicações de vários autores visando criar um arcabouço teórico forte. A comprovação das vantagens do uso do BIM será feita através de um comparativo entre um mesmo projeto simples de arquitetura em madeira (casa de

um cômodo, com pouco mais que 35m<sup>2</sup>) feito com o sistema CAD (computer aid design) e com o sistema BIM até o seu nível de ante-projeto. O tempo gasto utilizando cada uma das ferramentas será cronometrado, de forma que se possa comparar, em valores percentuais, o desempenho de cada ferramenta. Ainda, o nível de detalhamento atingido entre os dois projetos será comparado.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Madeira como material de construção

#### 2.1.1 Propriedades da madeira

Algumas características particulares da madeira são responsáveis por lhe conferirem a posição de um dos materiais construtivos mais versáteis, entre elas pode se destacar:

##### 2.1.1.1 Alta resistência mecânica a esforços de compressão

Quando é considerado seu peso próprio, a madeira tem um desempenho bastante satisfatório nesse aspecto, como mostra a tabela comparativa entre materiais de construção:

Tabela 01: Materiais estruturais/ dados comparativos						
Material	A	B	C	D	E	F
Concreto	2,4	20	20000	96	8	8333
Aço	7,6	250	210000	936	32	26923
Madeira conífera	0,6	50	10000	12	83	16667
Madeira dicotiledônea	0,9	75	15000	8	83	16667

Fonte Calil Jr. E Dias (1997 apud Mello, 2007)

As colunas da tabela acima representam:

**A:** densidade do material em g/cm<sup>3</sup>, no caso da madeira a umidade considerada é de 12%;

**B:** resistência em Mpa, para o concreto, se refere à resistência característica à compressão, produto usinado; para o aço, trata-se da tensão de escoamento do tipo ASTM-36 e para a madeira, são os valores médios da resistência à compressão paralela às fibras, com umidade de 12%;

**C:** módulo de elasticidade em Mpa, nas mesmas condições da coluna C;

**D:** relação energia consumida na produção/ resistência;

**E:** relação resistência/ densidade;

**F:** relação elasticidade/ densidade;

Conforme a coluna E, pode-se notar que a madeira se destaca principalmente pela sua relação resistência/ densidade, que é quase três vezes maior que a mesma característica no aço e mais de dez vezes maior que a do concreto.

Cabe aqui destacar que, dependendo da direção em que é aplicada a compressão na peça de madeira com relação à direção de suas fibras os valores podem variar um pouco. A compressão aplicada paralelamente às fibras é a que recebe mais resistência por parte peça de madeira, sendo recomendada para uso em pilares.

### **2.1.1.2 Alta resistência mecânica a esforços de tração**

Tal como nas forças de compressão, os esforços de tração podem ser paralelos à direção das fibras ou perpendiculares a ela. A diferença aqui é significativa, enquanto nos esforços paralelos as fibras se mantêm juntas, a tração no sentido perpendicular separa as fibras, a resistência nesse sentido é sensivelmente menor. (CALIL, 2003)

*A máxima resistência à tração se manifesta quando o esforço é paralelo às fibras, no entanto os ensaios são de difícil execução e pouco confiáveis devido à possibilidade de esmagamento das fibras do corpo-de-prova pelas garras do equipamento (MELO, 2002). Esta propriedade é utilizada para dimensionamento de treliças e comparação entre espécies.*

*(MELLO, 2007: 83)*

### 2.1.1.3 Alta resistência ao fogo

Talvez um dos maiores mitos sobre a madeira, e muito provavelmente um dos motivos da grande resistência que a maioria da população faz quanto ao seu uso como material construtivo, diz respeito à sua resistência ao



Figura 1: Após um incêndio as vigas de aço se deformaram completamente, enquanto a de madeira ainda consegue suportar sua própria carga. (Fonte: <http://estruturasdemadeira.blogspot.com.br>)

fogo: o senso comum diz que a madeira, como combustível natural e orgânico, tem baixa resistência ao fogo e que as estruturas feitas com ela não suportam bem à incêndios.

Ma a verdade é que a madeira, ao contrário dos combustíveis líquidos, não se queima diretamente. Em primeiro lugar ela se decompõe em gases que, em altas temperaturas, entram em combustão, o calor gerado promove a liberação de mais gases pela

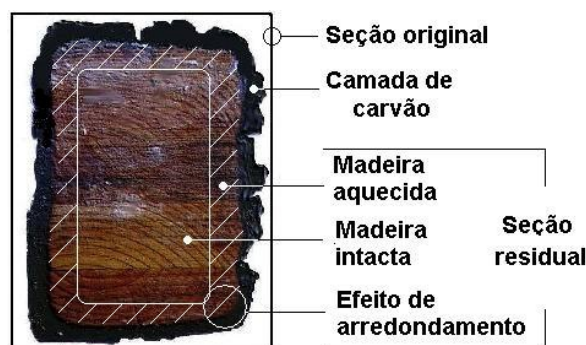


Figura 2: A primeira camada de carvão forma uma resistência natural ao fogo (Fonte: <http://estruturasdemadeira.blogspot.com.br>)

madeira que alimentam novamente a combustão, formando um ciclo repetitivo.

Porém, as peças mais robustas formam uma camada superficial de carvão quando expostas ao fogo, formando um isolante natural, que diminui a saída de gases inflamáveis da madeira e a propagação do calor para dentro, dessa forma a velocidade de queima é reduzida significativamente (figura 2). Dessa forma, até mesmo quando comparada à do aço, a resistência da madeira a incêndios é



bastante satisfatória (figura 1).

### **2.1.1.3 Outras características**

Ainda, pode-se levantar mais algumas das qualidades da madeira que a tornam um material tão singular sob o ponto de vista da construção civil. Entre eles:

- Fácil trabalhabilidade;
- Bom isolamento térmico;
- Bom isolamento acústico;
- Bom isolamento elétrico;
- Custo reduzido, se comparado às técnicas construtivas em alvenaria;
- Renovável.

## **2.1.2 Técnicas construtivas em madeira**

Convencionemos que as técnicas construtivas de madeira aplicáveis na realidade brasileira e global hoje são principalmente as pré-fabricadas. A construção de edificações em madeira com técnicas artesanais, embora rica e, até certo ponto, sustentável, não é uma resposta para o problema da habitação no Brasil. Dois dos principais sistemas utilizados no Brasil são o sistema **plataforma** (sistema leve ou woodframe) e o sistema **log**.

### **2.1.2.1 Sistema Log**

O sistema Log é principalmente utilizado em regiões rurais e locais frios como a Finlândia. O sistema sobrepõe tábuas horizontalmente para formar o fechamento das paredes (MEIRELLES et al, 2008). Sob o ponto de vista estrutural não é o mais adequado, uma vez que os esforços de compressão são aplicados perpendicularmente às fibras da madeira e não horizontalmente, que é o

sentido em que as fibras apresentam melhor resistência (figura 3).

Muitas vezes, a fim de aproveitar a melhor resistência à compressão em paralelo ao sentido das fibras, as conexões entre as paredes são reforçadas com tábuas verticais. No sistema log não há estrutura isolada, o sistema é auto-portante, isto é, as próprias paredes são o sustento estrutural da edificação.



Figura 3: Casa pré-fabricada de madeira com utilização do sistema Log (Fonte: <http://portuguese.alibaba.com> )

### 2.1.2.2 Sistema plataforma

O sistema plataforma surgiu como alternativa, ou como evolução, de um outro sistema estrutural de madeira: o sistema balloon. Ambos utilizam painéis portantes de madeira (wood frame), a crucial diferença está no



Figura 4: Construção de casa pré-fabricada de madeira com utilização do sistema plataforma (Fonte: <http://wikipedia.org/>)

dimensionamento dos painéis. Enquanto no sistema balloon cada peça precisa ter a altura da edificação (um mesmo painel vai do piso ao teto do último pavimento,

fazendo com que os pavimentos sejam estruturalmente dependentes), o sistema plataforma têm pavimentos independentes: cada painel tem entre 40 e 60cm de largura e a altura exata de um pavimento (figura 4). A fabricação de peças e o seu transporte foram melhorados, bem como as possibilidades plásticas/ arquitetônicas.

É o método predominante da construção pré fabricada em madeira na maioria dos países do norte do globo (MEIRELLES et al, 2008). Nesse sistema, a vedação é independente dos painéis, assim sendo, não necessariamente uma casa feita de wood frame precisa ter a aparência de madeira. Visualmente, a residência pode ter o aspecto que for conveniente ao arquiteto e ao proprietário.

### **2.1.3 Concepção de projetos de arquitetura em madeira**

A concepção de projetos de arquitetura em madeira é um tema já bastante discutido pela comunidade acadêmica. Uma grande quantidade de teses de doutorado e dissertações de mestrado, além de vários artigos e publicações já foram elaborados discutindo os cuidados específicos que é preciso ter na concepção de projetos para construções em madeira.

O primeiro princípio para elaboração do projeto de edificação em madeira a ser considerado diz respeito à penetração da água. O projeto deve ser concebido de forma que se evite a penetração de água nas estruturas e, caso a água penetre, o projeto deve contemplar uma forma de que a mesma seja eliminada rapidamente.

*"A ênfase dada à ação d'água, líquida ou vapor, na construção em madeira não é excessiva: sem nenhuma dúvida esse fator e o fenômeno físico (variação dimensional) dele decorrente é o ponto chave na concepção e execução em madeira."*

*(BITTENCOURT, 1995)*

A preocupação com a umidade, assim sendo, vai muito além da conservação das peças. A ação da umidade altera sensivelmente as dimensões das peças (em outras palavras, a água "incha" a madeira) complicando a execução da edificação de maneira fiel à projetada pelo arquiteto, alguns cuidados para que as partes de madeira não entrem em contato com a umidade são necessários, tanto na estocagem no canteiro de obras, como na concepção do projeto propriamente dito, para que a umidade não atinja as peças quando a edificação já estiver concluída.

Outro problema muito lembrado pelos teóricos é a falta de conhecimento específico do arquiteto para fechamentos e acabamentos em madeira, o que não ocorre na arquitetura em alvenaria convencional.

*"O fechamento e o paramento adquirem nas construções em madeira um valor e significado inexistente nos sistemas construtivos em alvenaria, pois é necessário definir, especificar e detalhar estas partes do edifício, para recobri-lo e protegê-lo, possibilitando a sua utilização. O princípio da dissociação das partes da construção evidencia a necessidade de concepção do fechamento e do paramento (acabamento)."*

(BITTENCOURT, 1995)

Pode-se dizer que o princípio básico para o projeto de edificações em madeira é a dissociação entre estrutura, fechamento e paramento (MELLO, 2007). MELLO (2007) ainda levanta mais três princípios importantes a serem considerados quando da concepção arquitetônica para edifícios em madeira, são eles:

- **Princípio da técnica flexível e evolutiva:** segundo o qual as técnicas

construtivas em madeira permitem um sem número de soluções plásticas, de modo que a edificação em madeira não necessariamente precisa ter o "aspecto" de madeira;

- **Princípio do rigor construtivo:** os sistemas construtivos em madeira são menos tolerantes a erros. As ligações entre as peças exigem um rigor grande quando comparadas às edificações em alvenaria;
- **Princípio do detalhe:** a definição dos detalhes construtivos é maior nos sistemas em madeira e *"é um ponto de partida e não uma consequência da execução da obra"* (MELLO, 2007).

Assim, da maneira mais sintética possível, pode-se dizer que para a concepção de projetos de edificações em madeira devem ser considerados os três princípios acima discorridos, mais o princípio da dissociação entre estrutura, fechamento e acabamento, além de tomar as devidas precauções para que não haja contato entre as peças e a umidade.

## 2.2 Conceito BIM

O termo BIM vem do inglês *Building Information Modeling*, numa tradução livre para o português seria algo como *Modelagem Informatizada de Edificações*, a tecnologia BIM, como o nome sugere, permite que a edificação seja modelada num ambiente gráfico tridimensional com base em informações agregadas aos materiais construtivos utilizados. A utilização dos softwares do tipo BIM é vista como o potencial futuro para a atividade projetual, tanto de arquitetura como de estruturas e dos demais projetos complementares.

O uso do BIM tampouco se limita ao projeto. Sendo uma ferramenta colaborativa, ele permite que profissionais com diferentes funções trabalhem no mesmo projeto em diferentes fases. Ele reduz sensivelmente o tempo gasto em cada projeto ao mesmo tempo em que melhora o nível de detalhamento e proximidade com a realidade. O BIM, dessa forma, além de ser uma ferramenta de projeto, pode ser também uma excepcional ferramenta para orçamento, planejamento e construção. Dentre os mais utilizados softwares do tipo BIM destacam-se o **Revit Architecture**, da Autodesk, o **Archicad**, da Graphisoft e o **Vectorworks**, da Nemetschek North America (NNA).

### 2.2.1 Comparativo entre CAD e BIM

Ao contrário de um software CAD que simplesmente traz auxílio ao desenho, o BIM literalmente constrói dentro de um ambiente gráfico tridimensional, isto é, cria um modelo virtual, com informações e parâmetros agregados a cada um dos materiais construtivos. No sistema CAD uma linha não traz nenhuma informação além de sua espessura, comprimento, tipologia (tracejada, contínua, etc) e cor: é praticamente como uma prancheta de desenho eletrônica, por assim dizer.

Uma alteração de projeto no sistema CAD obriga o arquiteto/projetista a alterar cada um dos desenhos que estejam relacionados ao elemento modificado. Tomemos como exemplo simples uma porta que tem sua largura reduzida de 70cm para 60cm. No sistema CAD deve-se alterar a planta do desenho e qualquer corte/elevação ou detalhamento específico em que a referida porta se encontre, além de alterar as tabelas de esquadrias e as cotas em projeto relativas a esta porta. O mesmo problema num sistema BIM é muito mais facilmente resolvido. Considerando que o que se tem é um modelo tridimensional parametrizado da edificação onde a porta se encontra, mudar a porta para uma menor automaticamente altera todos os desenhos e tabelas onde a porta se encontra e altera automaticamente todas as cotas que estejam amarradas a ela.

Ainda, sendo um software de uso colaborativo, num projeto integrado, as possibilidades são ainda maiores. Uma vez alterada a estrutura pelo projetista estrutural, as alterações são imediatamente sentidas nos projetos de arquitetura e nos complementares. A compatibilização dos projetos, quando o trabalho é feito em colaboração, é simplesmente desnecessária. O mesmo não se aplica no sistema CAD: uma vez alterado um elemento importante do sistema estrutural da edificação, cada um dos desenhos relativos à ela, devem ser revistos e alterados, um a um.

### **2.2.2 Autodesk Revit Architecture**

O software da Autodesk é o BIM mais difundido no Brasil e no mundo. O uso do software é bastante simples e intuitivo: a visualização do projeto está atrelada a um menu de vistas, onde pode-se trabalhar com plantas, cortes, elevações ou visualizações tridimensionais, alternando-se entre elas ou utilizando duas ou mais simultaneamente. Uma alteração no projeto feita em qualquer uma das vistas, automaticamente altera todas as outras. A utilização e aplicação dos materiais construtivos funciona através do uso de famílias de elementos.

### 2.2.2.3 Famílias

As famílias (figura 5) são a primeira grande subdivisão dos elementos dentro do Revit. Cada tipo de família tem suas características e parâmetros próprios editáveis. Numa classificação própria, pode-se dizer que existem dois tipos de famílias: as de elementos construtivos, que dizem respeito a materiais e elementos construtivos reais, como portas, janelas, paredes e telhados, e as de elementos de desenho, que são os elementos de representação gráfica, como símbolos de cota de nível, de indicação de rampas ou escadas, cotas, etc.

Ainda, as famílias de materiais construtivos podem ser de dois tipos, também conforme classificação própria: as que estão atreladas ao arquivo modelo (arquivo template) que são as de edição simples, como paredes, que possuem apenas a dimensão de largura como variável e o material de cada camada constituinte, e as famílias atreladas a arquivos externos, que são editadas independentemente do arquivo principal ou do arquivo modelo, como portas que possuem diversas tipologias (correr, abrir, sanfona, simples, dupla, lisa, frisada, etc) e diversas dimensões parametrizáveis (altura, largura, altura da maçaneta, largura da moldura, profundidade da moldura, etc).

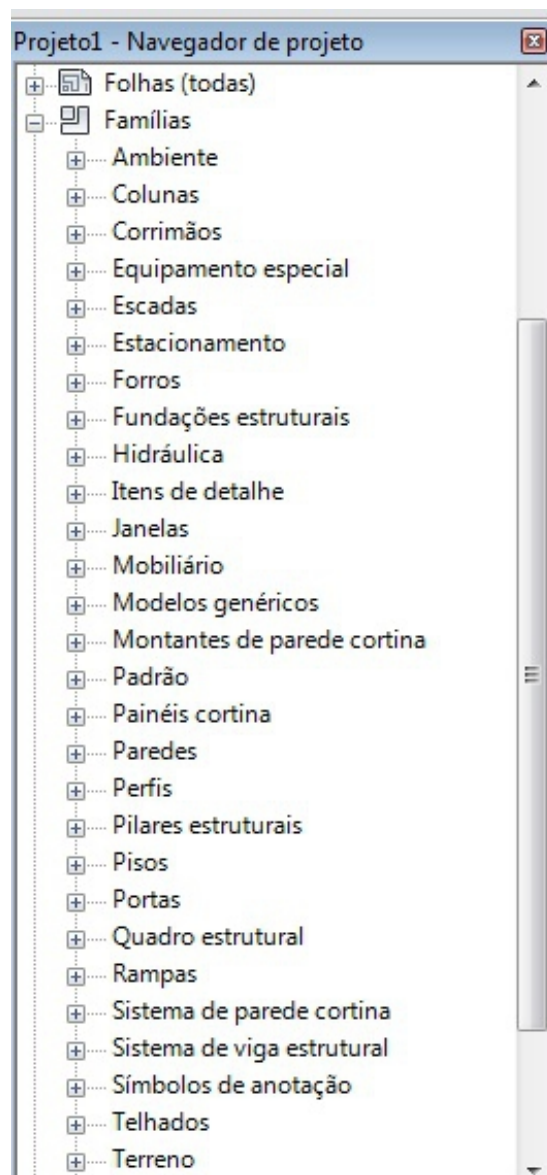


Figura 5: Principais tipologias de famílias de elementos encontradas no software Revit Architecture (Fonte: o autor, 2013)



### 2.2.2.4 Tipos

Os tipos (figura 6) são a imediata subdivisão das famílias. Os tipos dentro de uma mesma família diferem uns dos outros por uma alteração de um ou outro parâmetro variável dentro da família. Tomando como exemplo as portas, temos várias famílias (que são independentes entre si e independentes do arquivo do projeto). Se temos uma família de porta chamada "descarga simples" que faz referência a uma porta simples de abrir de uma folha e com superfície lisa, isto é, os tipos possíveis são formados pela alteração de seus parâmetros variáveis.

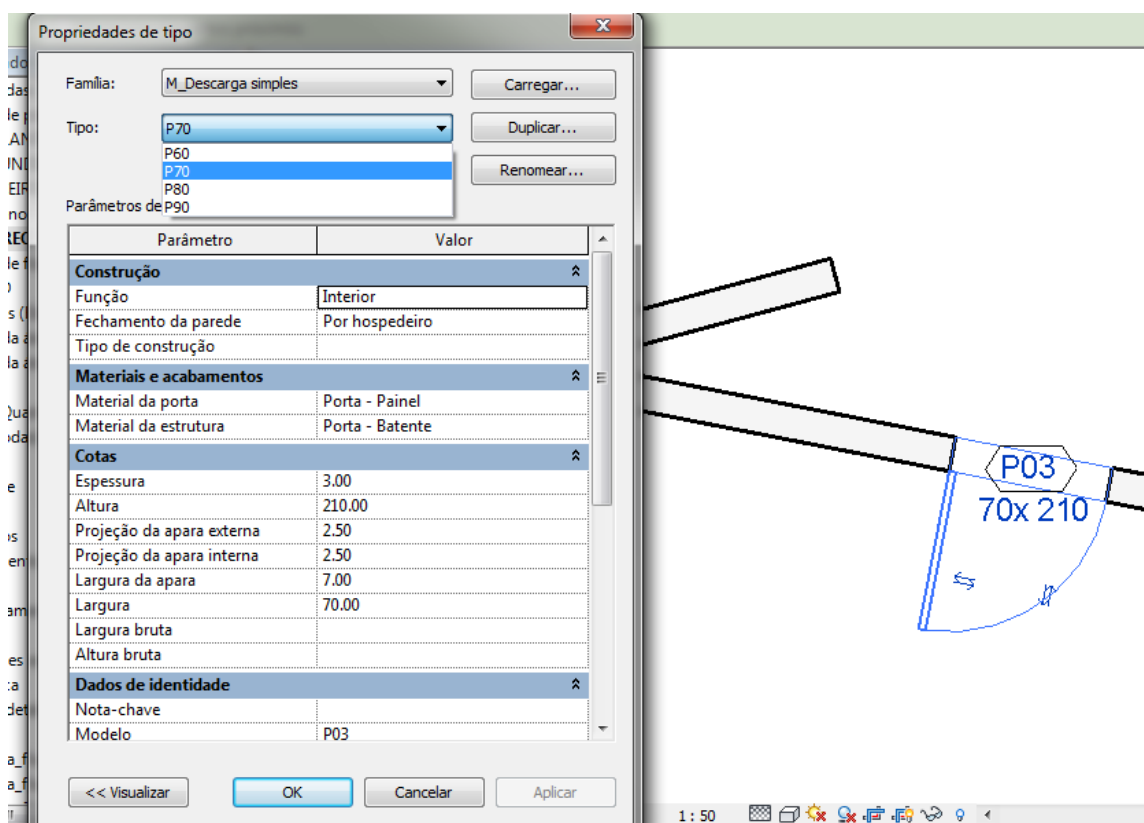


Figura 6: Tipos dentro da família "M\_Descarga simples" relativa à uma porta de abrir simples.  
Fonte: o autor, 2013

Na imagem acima, pode-se ver que a porta pode variar no seu material e no de sua estrutura, bem como na sua espessura, na sua altura, na projeção de sua apara externa e interna, na largura de sua apara e na sua largura, tudo isto dentro de uma mesma família. No caso acima ilustrado foram criados quatro tipos que diferem entre si apenas na sua largura (60, 70, 80 ou 90 centímetros).

### 3. APLICAÇÃO DO CONCEITO BIM NAS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS EM MADEIRA

Uma vez feita a revisão bibliográfica básica sobre o conceito BIM e suas aplicações práticas, e sobre a concepção de projetos e construção em madeira, é possível entender como pode haver a aplicação do conceito BIM nas técnicas construtivas em madeira, a partir da ligação direta entre os princípios básicos para construção em madeira já discutidos anteriormente.

#### 3.1 O conceito BIM aplicado ao princípio da dissociação entre estrutura, fechamento e paramento

A dissociação entre estrutura e parede é inerente ao conceito BIM (figura 7). O software Revit, da Autodesk, possui versão específica para arquitetos (Revit Architecture) e para projetistas estruturais (Revit Structure), as versões são complementares, porém cada uma das versões permite trabalhar tanto com paredes como com estruturas. O conceito de famílias, já explicado anteriormente,

é bastante claro na diferenciação entre famílias de estruturais

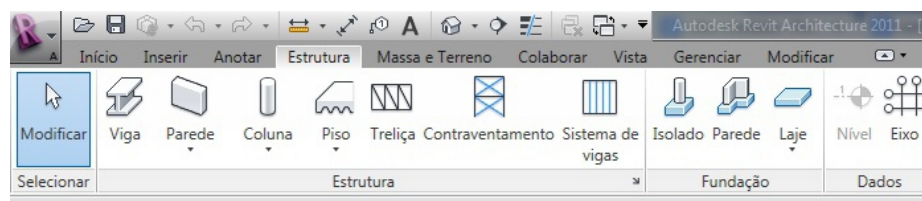


Figura 7: O menu de estruturas utilizado pelo Revit Architecture é bastante simples e intuitivo. A dissociação entre estruturas e fechamento é inerente ao programa. Fonte: o autor, 2013

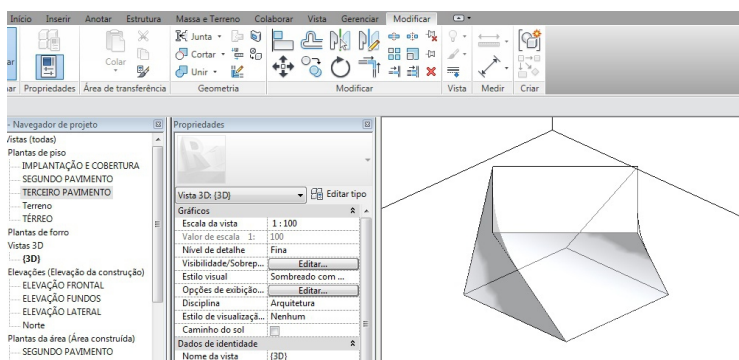
(sejam elas vigas, pilares ou tipos lajes) e famílias de paredes. Por essa diferença clara e praticamente impositória do software, pode-se dizer que o programa obriga o arquiteto a fazer a referida dissociação, mesmo quando este está projetando edificações em alvenaria.

As opções de vigas e colunas pré-definidas pelo software já

incluem opções de madeira, porém quando se mostra necessário, é possível criar famílias de vigas/pilares altamente personalizadas para cada projeto em específico.

### 3.2 O conceito BIM aplicado ao princípio da técnica flexível e evolutiva

As possibilidades plásticas proporcionadas pelas diversas técnicas construtivas em madeira encontram forte respaldo no conceito BIM. Como exemplo disso, pode-se usar a ferramenta de criação de sistemas de cortina, presente no software Revit Architecture.



Através da ferramenta de criação de massas (figura 8), pode-se modelar praticamente qualquer volume e posteriormente aplicar um sistema de cortina (sistema de painéis portantes, figura 9), com especificações de largura e de materiais configuradas pelo arquiteto, sobre o volume criado. Através dessa ferramenta, o princípio básico da técnica flexível e evolutiva para as

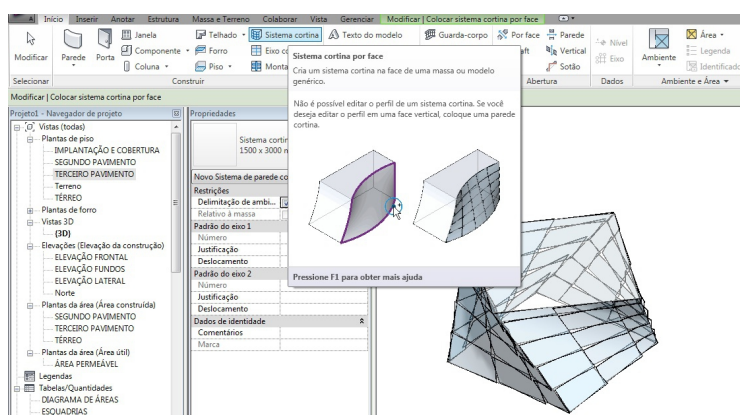


Figura 9: Aplicação de um padrão de painéis pré configurado sobre um volume. Fonte: o autor, 2013

construções em madeira é garantido.

### **3.3 O conceito BIM aplicado ao princípio do rigor construtivo**

As edificações em madeira, segundo o princípio do rigor construtivo, são pouco tolerantes a imperfeições na execução: a edificação precisa estar fiel ao projeto. Nesse ponto o conceito BIM é satisfatório, como a edificação projetada foi preliminarmente "construída" dentro de um ambiente cibernético, a execução da obra se torna mera repetição do já "construído".

Ainda, dada a sua versatilidade, o BIM pode ser utilizado não só na concepção do projeto, mas na execução da obra. O rigor construtivo, como consequência das características dos softwares BIM é muito maior, quando comparado ao obtido nos projetos feitos com softwares do tipo CAD.

### **3.4 O conceito BIM aplicado ao princípio do detalhe**

O nível de detalhamento atingido com o uso do sistema BIM é reconhecidamente superior ao atingido por softwares do tipo CAD. Como o software trabalha com peças desenhadas e detalhadas em famílias, e não com desenhos, é muito mais improvável que algum detalhe importante seja esquecido.

Ainda, como a edificação é modelada por inteiro, não há limitações quanto à quantidade de cortes/detalhamentos a serem tirados, e sem nenhum trabalho adicional ao projetista. Elementos ou medidas que só podem ser vistas de um determinado local são facilmente feitas.

## 4. COMPARATIVO PRÁTICO ENTRE CAD E BIM

O comparativo prático entre o uso do conceito CAD e o conceito BIM se mostra a forma mais eficaz de comprovar as vantagens da utilização do BIM em projetos de arquitetura em madeira. A idéia é simples: projetar uma mesma habitação em madeira utilizando os dois métodos. Os estudos preliminares foram feitos originalmente se usando de papel milimetrado e lapiseira (figura 10), e foram trabalhados, até o nível de estudo preliminar, num primeiro momento com o uso do software Revit Architecture e, posteriormente, com o uso do software Autocad.

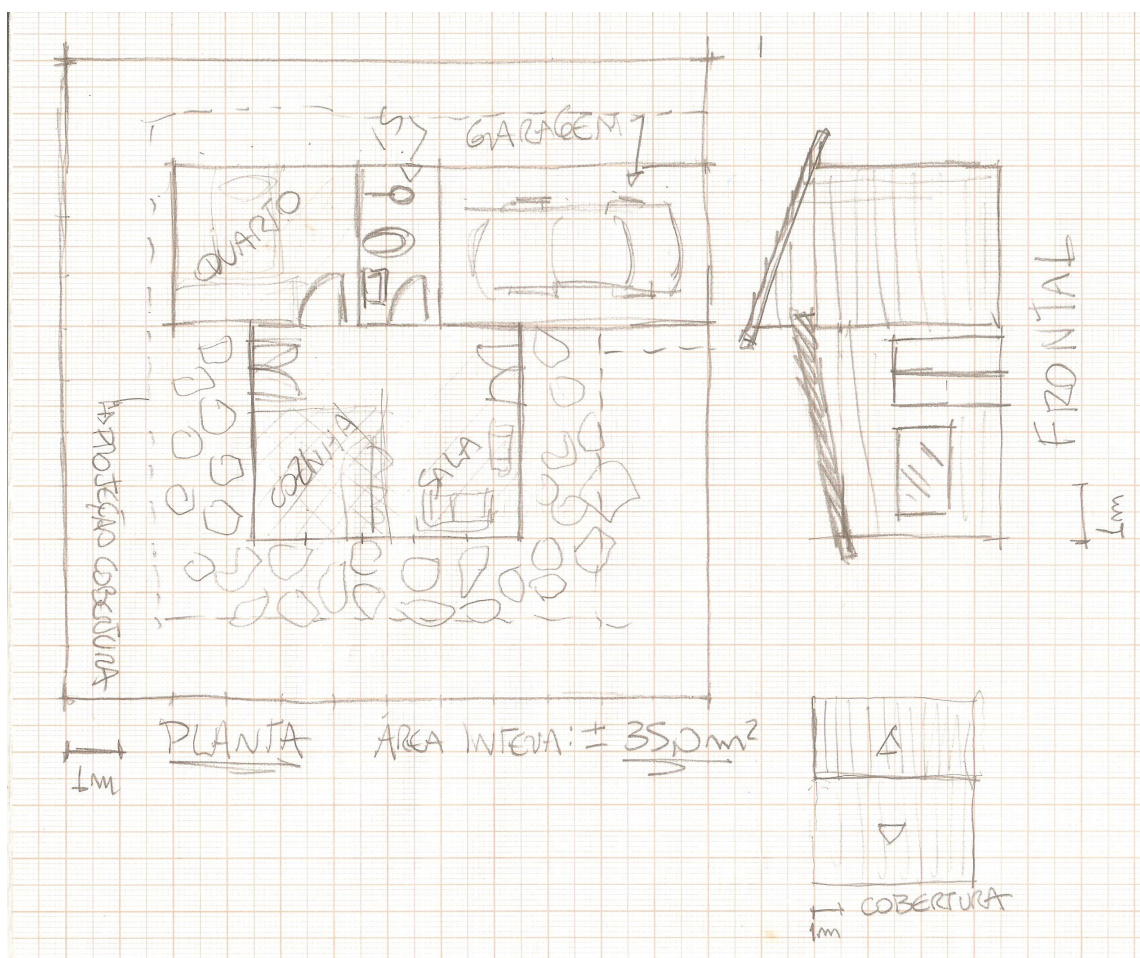


Figura 10: Croqui preliminar de projeto de arquitetura de residência de aproximadamente 35,0m<sup>2</sup> em madeira, usado como ponto de partida para os projetos em CAD e em BIM. Fonte: o autor, 2013

O projeto usado como modelo foi o de uma cabana, com aproximadamente 35,0m<sup>2</sup> de área construída (e garagem) com estrutura simples. A

técnica construtiva adotada foi a *log*, isto é, tábuas colocadas horizontalmente, mas com reforço estrutural de pilares e vigas a fim de aproveitar a direção das fibras da madeira (que oferecem mais resistência à esforços paralelos à elas). Foi computado o tempo gasto para detalhar os croquis até o nível de estudo preliminar tanto em BIM como em CAD, a fim de se obter dados práticos e comparáveis.

## 4.1 Edificação em madeira projetada com o conceito BIM

### 4.1.1 Configurações iniciais

Um projeto novo em Revit começa com a configuração das plantas (escala, altura) e dos níveis. Numa edificação térrea essa configuração é rápida, uma vez que há apenas duas vistas paralelas ao solo a serem utilizadas, a planta do nível térreo e a planta de cobertura.

Após isso, começa-se a edição das famílias mais básicas

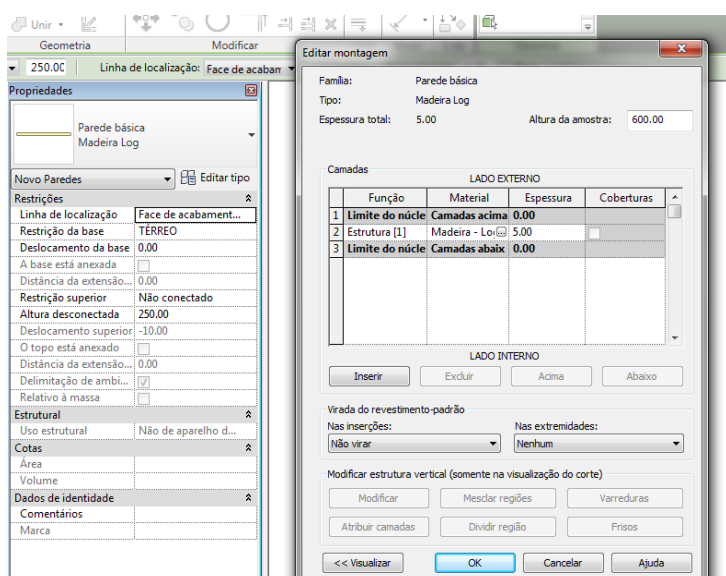


Figura 11: Criando uma família de parede de madeira, com base numa parede genérica existente. Fonte: o autor, 2013

necessárias (figura 11). Como já se tem o dimensionamento básico dos cômodos do projeto em análise (utiliza-se a base feita a nível de croqui em papel milimetrado), cria-se, em poucos segundos, a parede de madeira a ser utilizada. Os valores básicos são alterados sobre uma família já existente de parede genérica, bem como os materiais que compõe a estrutura da parede. É importante ressaltar que em um arquivo de modelo completo, todas as configurações preliminares são desnecessárias.

### 4.1.2 Terreno

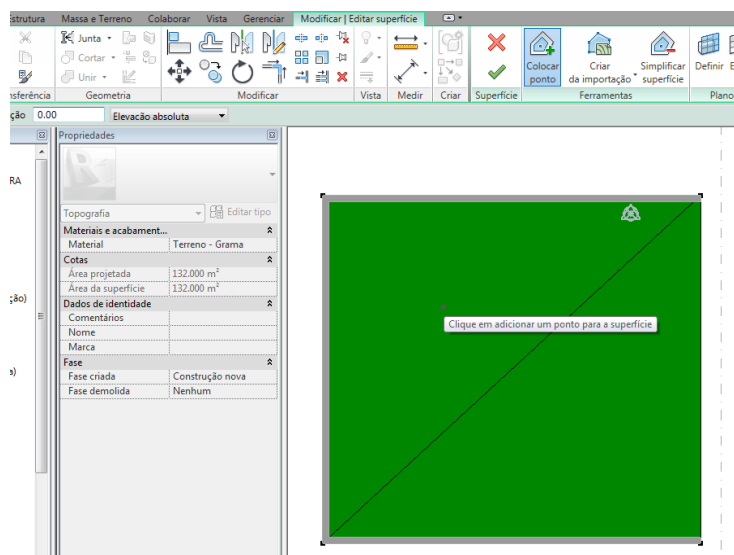


Figura 12: Criando um terreno, usando o alinhamento do muro como base. Fonte: o autor, 2013

Uma vez feitas as configurações iniciais básicas, desenha-se o terreno com simples colocações de pontos com suas respectivas cotas (figura 12). O software se encarrega de criar as curvas de nível. No projeto em questão utilizou-se um terreno nivelado com dimensões de 12 por 11 metros.

O terreno foi feito utilizando-se o alinhamento dos muros limítrofes previamente desenhados, mas pode ser feito em cima de eixos de auxílio.

### 4.1.3 Colocação das paredes

Uma vez configurada a parede a ser utilizada, e feito o terreno, pode-se começar a desenhar a planta com a colocação das paredes diretamente no solo (pode-se optar por começar com o piso). Nota-se que a disposição das paredes não

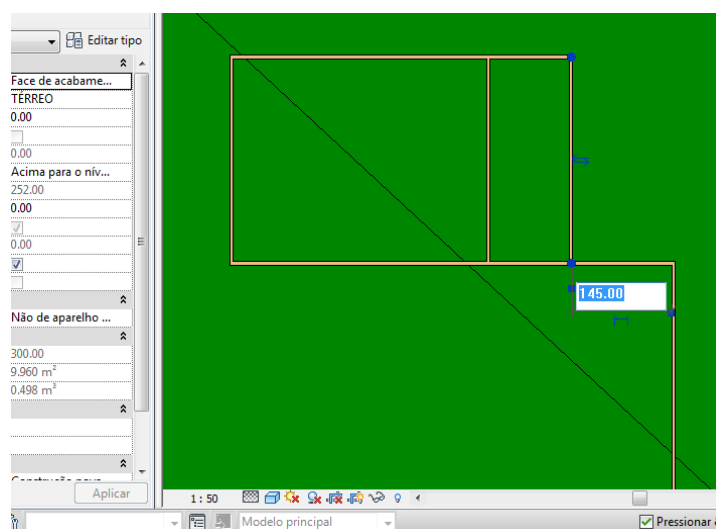


Figura 13: Colocação das paredes. Fonte: o autor, 2013

feita com precisão, as distâncias são editadas posteriormente (figura 13).

#### 4.1.4 Piso

Da mesma forma que a família de paredes de madeira foi primeiramente configurada, a do piso também o é. Uma vez criado, o piso do térreo é desenhado utilizando-se as linhas delimitadas pelas paredes como base. Estipula-se uma cota de altura onde o nível estará, e em poucos minutos o elemento está criado (figura 14).

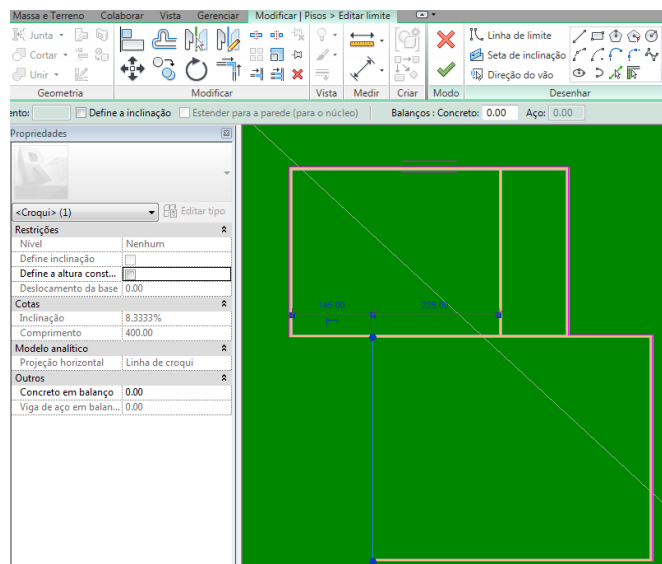


Figura 14: Piso do térreo. Fonte: o autor, 2013

#### 4.1.5 Esquadrias

A biblioteca inicial de janelas e portas é bastante satisfatória para um nível de estudo preliminar e, se for o caso, a edição das janelas e portas é relativamente simples, sendo necessária apenas a alteração de suas dimensões (figura 15). Uma vez

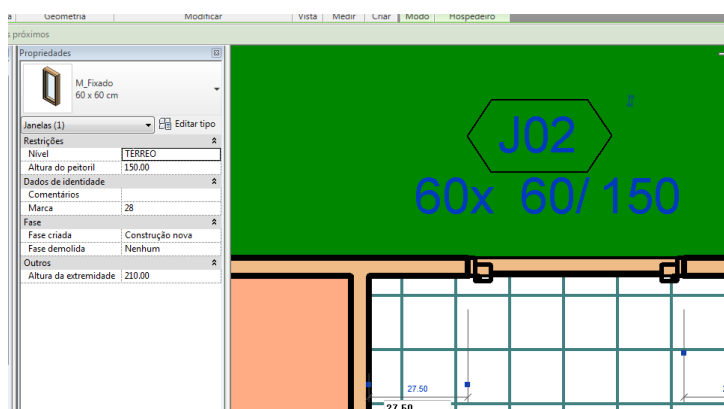


Figura 15: Janela do banheiro. Fonte: o autor, 2013

é configurada a janela/porta é colocada diretamente sobre a parede, o posicionamento preciso é feito apenas com uma edição simples do valor da distância.



#### 4.1.6 Molho, cotas, ambientes

Com a colocação das esquadrias, paredes e piso, o nível térreo já se encontra praticamente completo. Para fins de apresentação, colocam-se famílias de mobília, criam-se os ambientes com poucos cliques (a família de

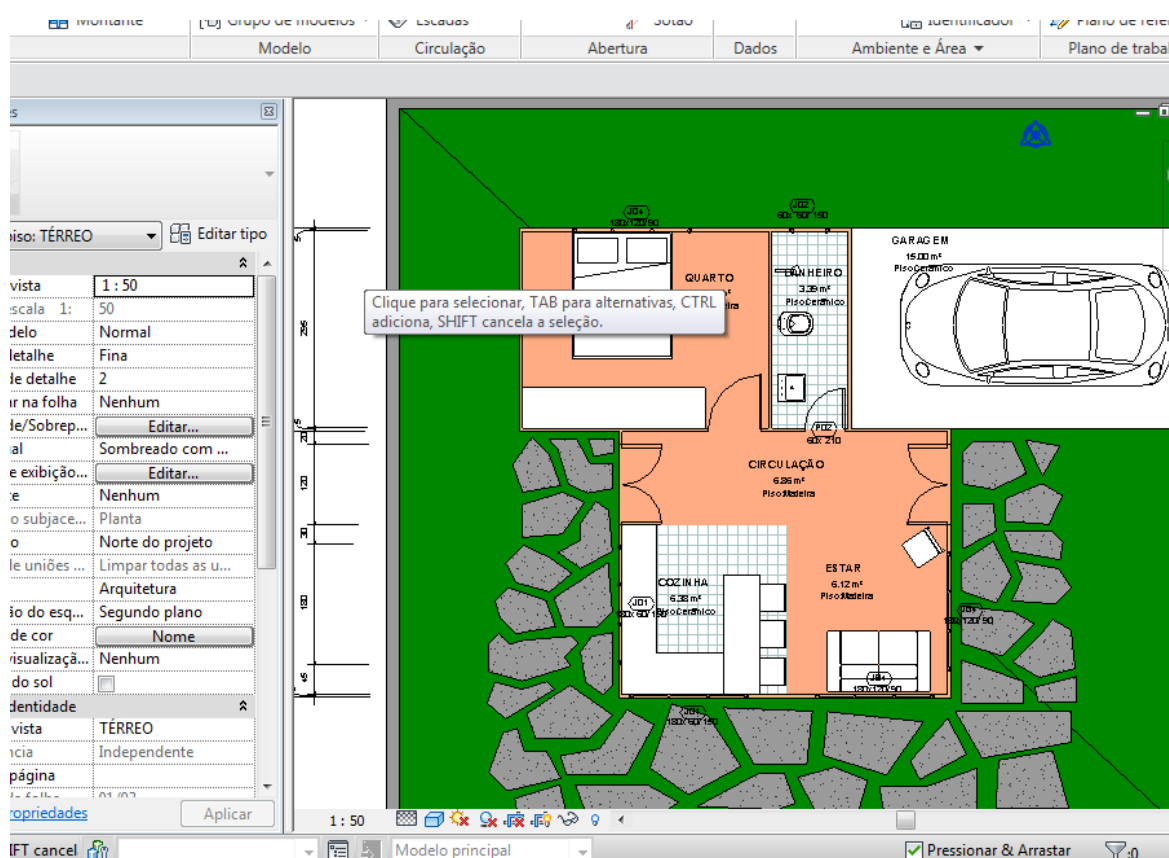


Figura 16: Planta térreo. Fonte: o autor, 2013

identificação de ambientes precisa ser eventualmente, editada antes e, em ambientes sem separação física por paredes é necessário colocar um elemento separador de ambientes auxiliar) e colocam-se as cotas (figura 16). Em poucos minutos mais têm-se uma planta de nível com uma apresentação em nível de estudo preliminar.

#### 4.1.7 Estrutura

Para um nível de estudo preliminar, se faz um dimensionamento dos pilares e se edita rapidamente os pilares de concreto existentes, mudando o material para madeira (pode-se escolher um dos tipos de madeira já existentes no projeto ou criar um novo, com especificações diferentes, figura 17).

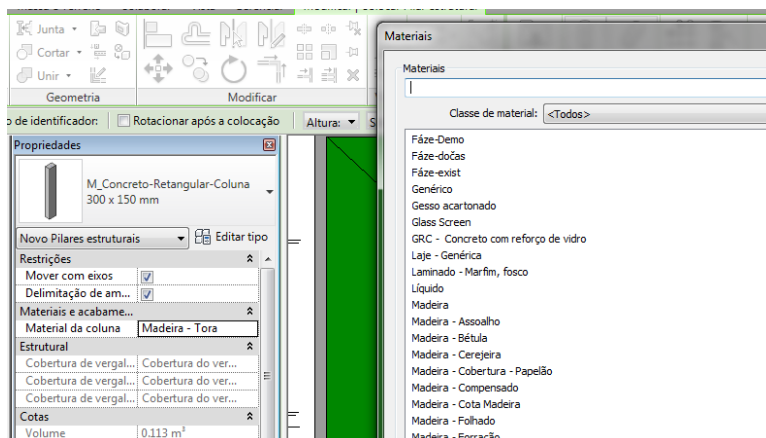


Figura 17: Configurando os pilares. Fonte: o autor, 2013

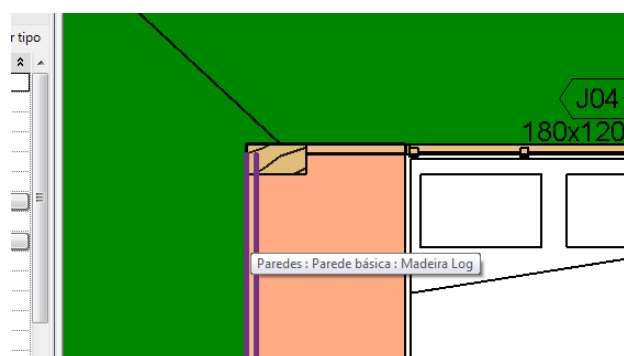


Figura 18: Disposição dos pilares com base nas paredes. Fonte: o autor, 2013

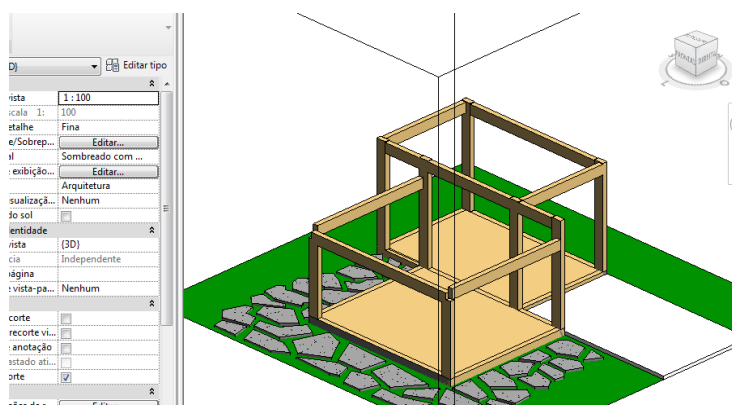


Figura 19: Visualização 3d da estrutura. Fonte: o autor, 2013

Com a configuração dos pilares, dispõe-se os mesmos no projeto usando-se como referência as paredes existentes (figura 18). Em poucos segundos todos os pilares estão configurados e colocados no projeto. A malha estrutural se fecha com a configuração de vigas e o devido posicionamento das mesmas na edificação.

Uma visualização tridimensional permite um entendimento do sistema estrutural da edificação (figura 19).

#### 4.1.8 Cobertura

Alterando-se a visualização para o nível de implantação e cobertura, tem-se a visão superior da edificação. A criação da cobertura é simples: delimita-se a cobertura, define-se as faces com caimento e a inclinação do telhado, a espessura e o material são definidos na elaboração da família (figura 20).

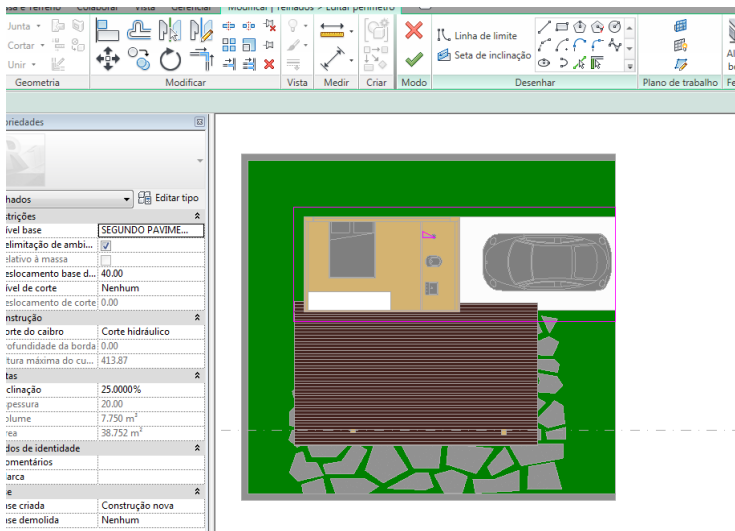


Figura 20: Delimitação do telhado. Fonte: o autor, 2013

#### 4.1.9 Gerando as vistas

Com a finalização da cobertura a edificação está, para o nível de estudo preliminar, completa. Definem-se então a localização dos cortes, escolhem-se as elevações, algumas vistas tridimensionais e, adicionando as famílias de identificadores, textos e cotas, têm-se uma apresentação em nível de estudo preliminar. A versão final do projeto pode ser encontrada em anexo na monografia.

## 4.2 Edificação em madeira projetada com o conceito CAD

### 4.2.1 Paredes

No projeto em CAD não há uma necessidade de criação de famílias de elementos específicas, os blocos e configurações de camadas utilizados em qualquer projeto são praticamente os mesmos. Dessa forma, o projeto em cad começa com o desenho de eixos auxiliares que serão utilizados como base para as paredes. O simples processo de desenho de todas as paredes do projeto toma alguns minutos (figura 21).

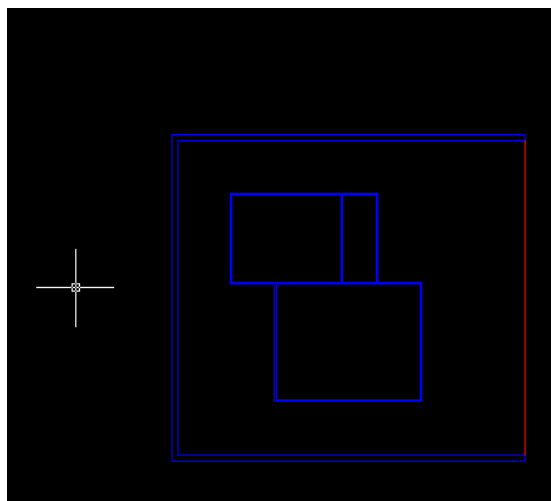


Figura 21: Paredes em CAD. Fonte: o autor, 2013

### 4.2.2 Esquadrias

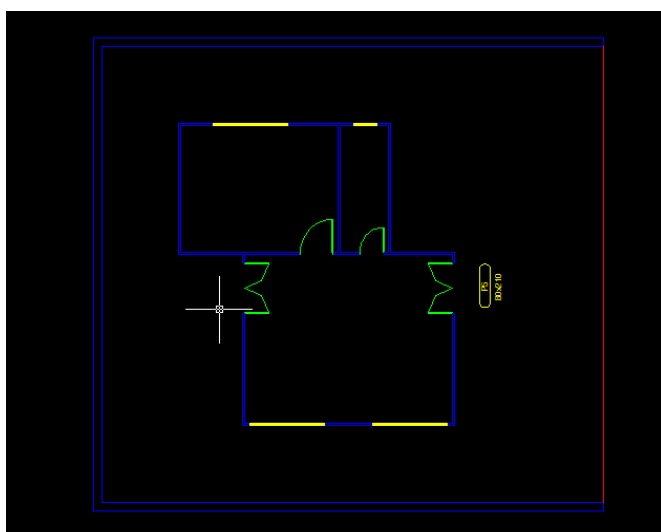


Figura 22: Esquadrias. Fonte: o autor, 2013

Diferentemente do sistema BIM, no CAD as esquadrias são desenhadas uma a uma (figura 22). O uso de um bloco padrão para cada tipo de janela/porta auxilia o processo, mas ainda é preciso fazer todas as adaptações das alvenarias. Ainda, o posicionamento em planta não muda as demais vistas do projeto, como ocorre no BIM.

### 4.2.3 Cotas, indicações, molho

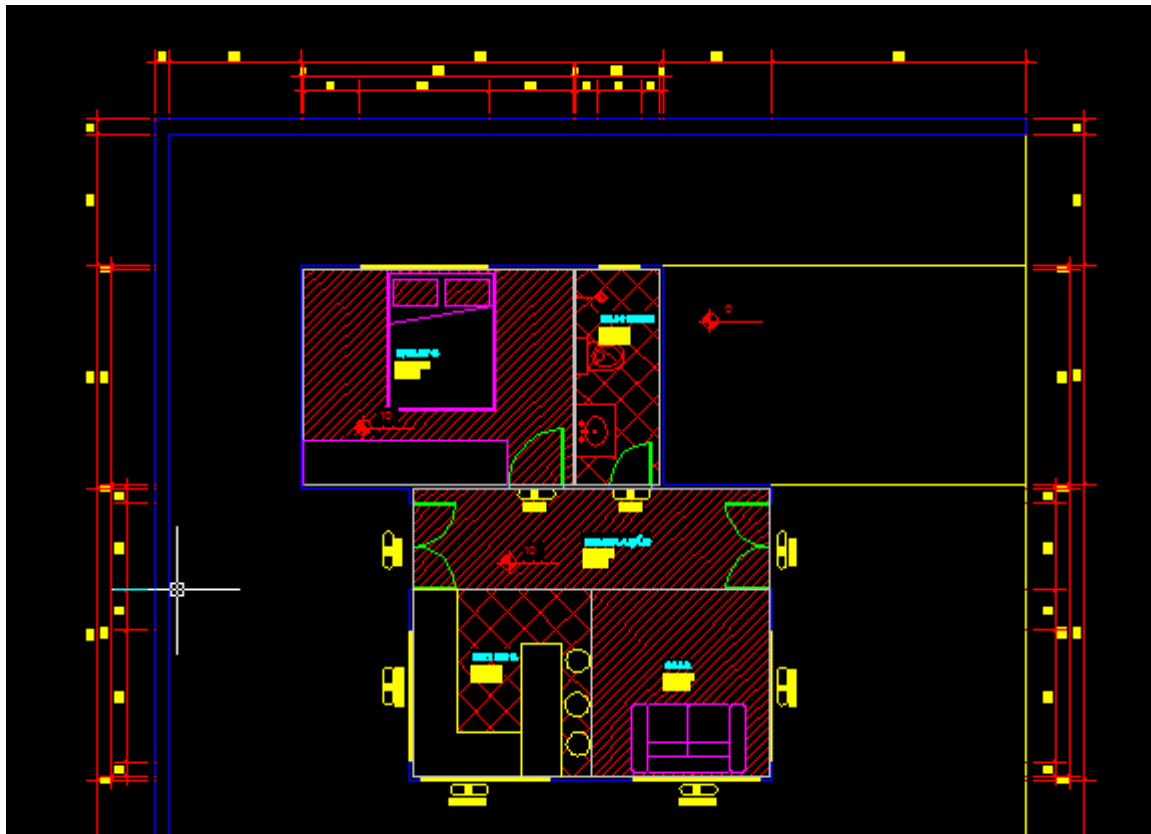


Figura 23: Planta. Fonte: o autor, 2013

O processo de desenho no CAD é similar à uma prancheta. Cada elemento precisa ser desenhado em cada uma de suas vistas. Após quase 40 minutos se tem a planta, no nível de estudo preliminar, completa (figura 23). As demais vistas ainda necessitam ser desenhadas uma a uma, utilizando a planta como base de desenho.

### 4.2.4 Elevações, cortes

O processo é demorado, cada linha é desenhada, dentro do layer correto, uma por uma. A planta é utilizada como referência, o detalhamento das janelas, por exemplo, é feito em cada vista que elas aparecem. A praticidade, quando comparada à proporcionada pelo BIM, é praticamente nula (figura 24).

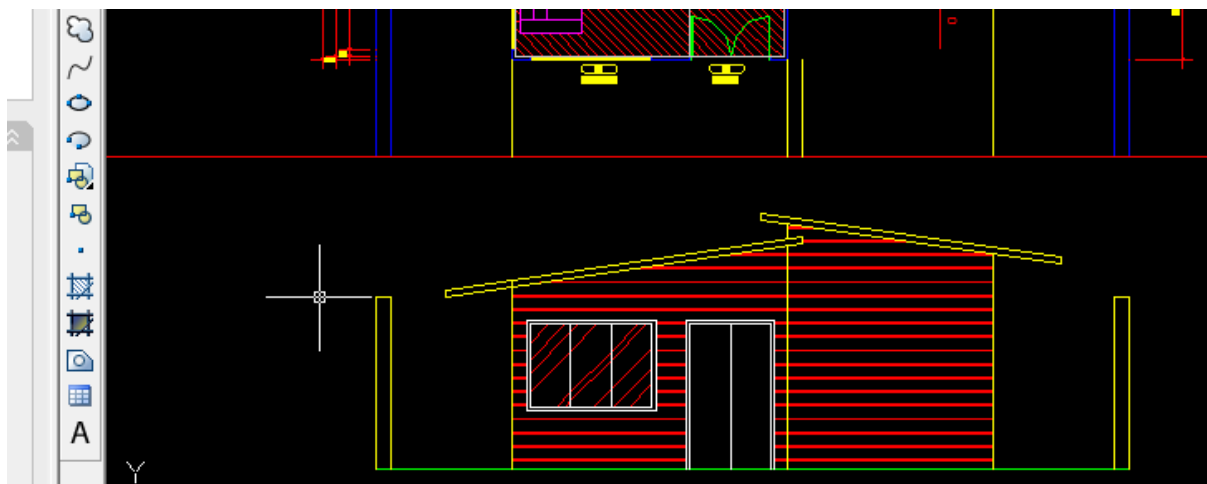


Figura 24: Elevação. Fonte: o autor, 2013

### 4.3 Análise e comparação dos resultados

É importante destacar que o comparativo prático CAD x BIM feito aqui diz respeito única e exclusivamente ao detalhamento do projeto. Não há uma maneira empírica de mensurar as vantagens do ato conceitual do projeto tanto em BIM como em CAD. O projeto foi concebido, como se mostrou na parte introdutória deste capítulo 3, numa folha de papel milimetrado, e foi detalhado até seu nível de ante-projeto com o uso do conceito BIM e com o uso do conceito CAD. A teoria e a revisão bibliográfica feita, mostram que **a principal vantagem do uso do BIM não está no nível de apresentação atingido e tampouco na rapidez com que se elaboram as plantas, vistas e cortes, mas sim na facilidade do entendimento e da concepção do projeto, uma vez que a visualização da construção edificada é simultânea ao projeto.**

As diferenças práticas da rapidez e nível de detalhamento, no entanto, são mensuráveis. Dessa forma, o tempo gasto em cada uma das atividades citadas em cada um dos métodos de projeto foi cronometrado, foi possível estabelecer uma tabela comparativa, com o tempo gasto em minutos nos dois sistemas:

TABELA 02: Comparativo prático CAD x BIM			
CAD		BIM	
Atividade	Tempo (min.)	Atividade	Tempo (min.)
Paredes	28	Configurações Iniciais	4
Esquadrias	22	Terreno	3
Cotas, indicações, molhos	20	Colocação das paredes	4
Elevações, cortes	50	Piso	3
		Esquadrias	4
		Molhos, cotas, ambientes	13
		Estrutura	4
		Cobertura	2
		Vistas	2
Total:	120	Total:	39

Fonte: o autor, 2013

O tempo gasto na elaboração das pranchas em BIM representou pouco mais de 30% do tempo gasto na confecção das mesmas pranchas em CAD (39 minutos gastos utilizando-se do conceito BIM, através do software Revit Architecture e 120 minutos gastos utilizando-se do conceito CAD, através do software Autocad). A economia de tempo é sensível. Ainda, como a elaboração de cortes, elevações e esquemas em BIM é, depois de levantada a edificação no ambiente gráfico, instantânea, o nível de detalhamento atingido é muito maior. Ressalta-se, no entanto, que o nível de detalhamento atingido com o uso do CAD não é necessariamente menor, apenas custa mais horas de projeto.

Para a arquitetura em madeira em específico, o BIM se mostrou uma ferramenta ainda mais útil, a separação entre estrutura e fechamento, definida no capítulo 2.3.1 desta monografia como um princípio básico para o projeto em madeira, é clara e objetiva, o software permite inclusive a criação de vistas/ cortes com apenas detalhes estruturais, conforme foi demonstrado.

Ainda, dada a simplicidade do projeto utilizado como comparativo e o nível de detalhamento pretendido, os princípios da técnica flexível, do rigor construtivo e do detalhe não foram totalmente, se não parcialmente, comprovados pelo comparativo prático. A técnica flexível só poderá ser mensurada com a elaboração de um mesmo projeto de construção de madeira elaborado várias vezes e com técnicas construtivas e estruturais completamente diferentes. O rigor construtivo é comprovado apenas através da elaboração de um projeto de arquitetura de madeira até seu nível de projeto executivo, bem como o princípio do detalhe, dada a limitação da pesquisa as vantagens do BIM no tocante à estes princípios não pôde ser colocada em prática na sua totalidade.



## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **5.1 Cumprimento dos objetivos**

Os objetivos da monografia foram cumpridos. A revisão bibliográfica feita e o comparativo prático entre CAD e BIM comprovaram que o conceito BIM é extremamente vantajoso quando do projeto de edificações e estruturas em madeira. Para se chegar a tal conclusão se pesquisou o uso da madeira na construção civil dentro da realidade brasileira, as peculiaridades do ato projetual de edificações em madeira, se descreveu, com certo grau de minuciosidade, o conceito BIM e em específico os princípios básicos do software Revit Architecture, e se relacionou o BIM com o projeto em madeira. O comparativo com o CAD foi a forma de se comprovar, de maneira empírica, as vantagens do uso do BIM.

### **5.2 Continuidade**

A pesquisa mostrou algumas possibilidades de continuidade para futuras monografias, ou variações da pesquisa para outras técnicas em específico, entre elas:

- Aplicação do conceito BIM em projetos com estrutura pré-moldada
- Aplicação do conceito BIM em projetos de arquitetura sustentável
- Aplicação do conceito BIM no detalhamento de projetos
- Madeira como alternativa para construção popular
- Uso do BIM no gerenciamento de obras

De uma forma geral, as possibilidades de pesquisa sobre o uso do BIM são inúmeras, considerando que seu uso é relativamente novo no cenário nacional e seu potencial, dentro de nossa realidade ainda não foi plenamente atingido. A arquitetura de madeira, como alternativa às técnicas construtivas atualmente utilizadas no Brasil também se mostra como um grande potencial para novas pesquisas.

### **5.3 Conclusão**

As novas tecnologias da construção civil não se limitam a apenas novas técnicas construtivas ou novos sistemas estruturais, a parte projetual e, como não poderia deixar de ser, o gerenciamento de obras, são alvo de novos estudos e implementações de tecnologias, em específico softwares, cada vez mais avançados. Saber até que ponto é vantajoso utilizá-los é fundamental.

O uso do conceito BIM facilita tanto na concepção quanto no detalhamento dos projetos de arquitetura de qualquer sistema construtivo, na arquitetura em madeira, em específico, seu uso é ainda mais vantajoso. A prática de seu uso porém pode demonstrar situações em que ele é ainda mais prático.

Os novos conceitos, no entanto, devem ser vistos não apenas com a exaltação de quem vê o novo sempre como melhor. O BIM, até o presente momento, se mostrou uma ferramenta muito superior às técnicas tradicionais de projeto, mas talvez não o seja em todas as situações e é preciso saber dosar seu uso para que o mesmo não se torne um vício. Entende-se que, embora o BIM represente o que há de mais recente e, sem dúvida, é o futuro em concepção e detalhamento de projetos de arquitetura, seja ela em madeira ou não, as escolas devem continuar ensinando o projeto de arquitetura na sua forma mais tradicional, isto é, o projeto através do desenho em prancheta, supões-se que, quanto mais técnicas um projetista domina, mais possibilidades plásticas ele poderá criar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BITTENCOURT, Rosa Maria. **Concepção Arquitetônica da Habitação em Madeira**, 1995. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995

CALIL JR, Carlito, LAHR, Francisco Antônio Rocco, DIAS, Antônio Alves. **Dimensionamento de Elementos Estruturais de Madeira**. Barueri, SP: Editora Manole, 2003

HILGENBERG, Fabíola Brenner, ALMEIDA, Beatriz Lemos de, SCHEER, Sérgio AYRES Filho, Cervantes: **Uso de BIM pelos profissionais de arquitetura em Curitiba**, GTP Volume 7, 2012

KRAMBECK, T. I. **Revisão de sistema construtivo em madeira de floresta plantada para habitação popular**. Dissertação (Mestrado em arquitetura e urbanismo) – UFSC, Florianópolis, 2006.

MEIRELLES, Célia Regina M., DINIS, Henrique, SANT'ANNA, Silvio Stefanini, VASCONCELOS, Ricardo, CASTRO, Diana. **A viabilidade das construções leves em madeira no Brasil**. In: Anais do VIII Seminário Internacional da LARES, São Paulo, 2008

MELLO, Roberto Lecomte de. **Projetar em Madeira: Uma nova abordagem**, 2007. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade de Brasília, Brasília, 2007

NEUFERT, Ernst. **A Arte de Projetar em Arquitetura**. São Paulo: Editora Gustavo Gili SA, 2001

## REFERÊNCIAS WEBGRÁFICAS

"A casa de madeira, e as técnicas construtivas" Disponível em  
<<http://madeirambiente.com.br/casa-de-madeira-tecnicas/>> Acesso em: 10.dez.2012

"Madeira: um material construtivo resistente ao fogo" Disponível em:  
<<http://estruturasdemadeira.blogspot.com.br/2007/02/madeira-um-material-construtivo.html>> Acesso em: 13.dez.2012

## Apêndice I: Estudo preliminar feito em Revit Architecture