

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR-MG
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL
RODOLFO GERALDO DALARIVA SILVA

VIABILIDADE TÉCNICA DO SISTEMA CONSTRUTIVO *LIGHT WOOD FRAME*
NA CONSTRUÇÃO DE UMA UNIDADE HABITACIONAL DE DOIS
PAVIMENTOS.
ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE ARCOS - MG

FORMIGA – MG

2015

RODOLFO GERALDO DALARIVA SILVA

VIABILIDADE TÉCNICA DO SISTEMA CONSTRUTIVO *LIGHT WOOD FRAME* NA
CONSTRUÇÃO DE UMA UNIDADE HABITACIONAL DE DOIS PAVIMENTOS.
ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE ARCOS-MG

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil da UNIFOR-MG,
como requisito para obtenção de título em
Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^ª. Esp. Mariana Del Hoyo
Sornas

FORMIGA – MG

2015

Dedico este trabalho a toda minha
Família que em qualquer situação sempre
estiveram ao meu lado, me apoiando e
acreditando em minha capacidade.
Obrigado Papai, Mamãe e irmã.

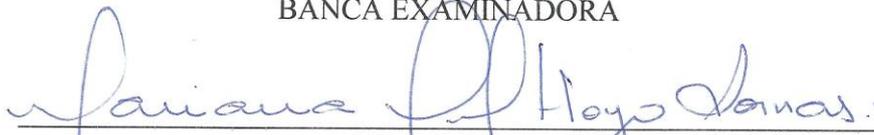
RODOLFO GERALDO DALARIVA SILVA

VIABILIDADE TÉCNICA DO SISTEMA CONSTRUTIVO *LIGHT WOOD FRAME* NA
CONSTRUÇÃO DE UMA UNIDADE HABITACIONAL DE DOIS PAVIMENTOS.
ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE ARCOS-MG

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil da UNIFOR-MG,
como requisito para obtenção de título em
Engenharia Civil.

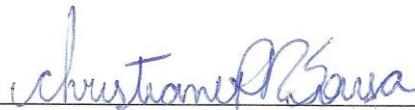
Orientadora: Prof^ª. Esp. Mariana Del Hoyo Sornas

BANCA EXAMINADORA



Prof^ª. Esp. Mariana Del Hoyo Sornas

Orientadora



Prof.^a Ma. Christiane Pereira Rocha Sousa

UNIFOR



Prof. Me Henrique Garcia Paulinelli

UNIFOR

Formiga, 16 de novembro de 2015.

S586 Silva, Rodolfo Geraldo Dalariva.
Viabilidade técnica do sistema construtivo light wood frame na
construção de uma unidade habitacional de dois pavimentos: estudo de
caso no município de Arcos-MG / Rodolfo Geraldo Dalariva Silva. – 2015.
68 f.

Orientadora: Mariana Del Hoyo Sornas.
Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Centro
Universitário de Formiga–UNIFOR - MG, Formiga, 2015.

1. Sistema light wood-frame. 2. Madeira. 3. Sustentabilidade. I. Título.

CDD 690

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo Dom da vida, por me amparar e me dar forças para seguir em frente sempre, por possibilitar que eu almeje meus sonhos e consiga realizar minhas conquistas.

Aos meus pais, Eduardo e Patrícia por confiarem em mim, pelo apoio, incentivo, por proporcionarem mais esta conquista em minha vida. A minha irmã Letícia pelos conselhos em momentos de dificuldade. A Maria Eduarda por sempre me incentivar a correr atrás dos meus sonhos. A vó Aurelinda e tia Lia pelas orações.

Aos meus amigos, em especial Baltazar e Patrícia, por sempre estarem ao meu lado apoiando minhas decisões.

Aos meus colegas de graduação, pelos momentos de descontração, de estudo e por sempre estarem dispostos a me ajudar.

A professora Mariana Del Hoyo Sornas por ter me orientado com toda dedicação e carinho, pelo incentivo e sugestões que foram de fundamental importância para elaboração do trabalho.

Aos demais professores e funcionários da UNIFOR, pelo aprendizado e por me proporcionarem o prazer de estudar nesta instituição.

E a todos que contribuíram diretamente e indiretamente para realização de mais esta conquista em minha vida.

RESUMO

Nos últimos anos, foi possível observar em nosso país um grande crescimento da Construção Civil, centros urbanos em constante evolução, fazendo necessário cada vez mais a construção de unidades residenciais e comerciais para atender a demanda da população. Junto com este crescimento vem a necessidade de avanços tecnológicos a fim de otimizar nossos sistemas construtivos, evitando que se tornem obsoletos, bem como o pensamento em novas alternativas capazes de satisfazer as necessidades atuais da sociedade garantindo qualidade, conforto, agilidade, economia e levando em consideração a preocupação com o meio ambiente, reduzindo ao máximo os impactos ambientais. A utilização da madeira na Construção Civil pode se tornar uma alternativa viável no Brasil, como já é utilizada há muito tempo em outros países como Canadá e Estados Unidos. O sistema denominado *light wood-frame* consiste em edificar utilizando madeira no lugar de concreto e tijolos cerâmicos, através de peças pré-moldadas, o que facilita a instalação, reduzindo prazo e desperdício. Este trabalho tem como intuito demonstrar todas as etapas, métodos e materiais utilizados na construção de um sobrado construído através do sistema *light wood-frame* em Arcos, Minas Gerais, no ano de 2008. Através desta análise será possível apontar as vantagens e desvantagens deste sistema a fim de concluir sua viabilidade nesta região.

Palavras-chave: Sistema *light wood-frame*. Madeira. Sustentabilidade.

ABSTRACT

In recent years, we observed in our country a large growth of construction, urban centers constantly evolving, making necessary increasingly the construction of residential and commercial units to meet the demand of the population. Along with this growth comes the need for technological advances to optimize our building systems, preventing them from becoming obsolete, and the thought of new alternatives able to meet the current needs of society, guaranteeing quality, comfort, agility, economy and taking into account the concern with the environment, while minimizing environmental impacts. The use of wood in construction can become a viable alternative in Brazil, as is already used long ago in other countries like Canada and the United States. The so-called light wood frame building system consists of using wood in place of concrete and ceramic bricks, with pre-molded parts, which facilitates installation, thereby reducing time and wastage. This work has the intention to demonstrate all steps, methods and materials used in the construction of a townhouse built by light wood-frame system in Arcos, Minas Gerais, in 2008. Through this analysis will be possible to point out the advantages and disadvantages of this system in order to deduce its feasibility in this region.

Keywords: System light wood frame. Wood. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sobrado em Ouro Preto - MG	15
Figura 2 - Sobrado edificado através do Sistema <i>Light Wood-Frame</i>	20
Figura 3 - Conectores para ligação em estruturas de madeira: (a) prego; (b) parafuso auto-atarraxante; (c) parafuso com porca e arruela; (d) pino metálico; (e) pino de madeira; (f) conector de anel metálico; (g) chapa com dentes estampados; (h) Tarugo de madeira.	24
Figura 4 - Fundação tipo Radier.	26
Figura 5 - Fundação Tipo Sapata Corrida	27
Figura 6 - Fundação tipo Viga Baldrame	28
Figura 7 - Ancoragem entre pilar de madeira e fundação em concreto.....	29
Figura 8 - Piso em placas de OSB	32
Figura 9 - Piso de assoalho aplainado em macho e fêmea.	32
Figura 10 - Forro de madeira.	33
Figura 11 - Telhado Fibrocimento.....	34
Figura 12 – Telhado Metálico	34
Figura 13 - Telhado Cerâmico.....	35
Figura 14 - Telhado <i>Shingle</i>	35
Figura 15 - Casa mista de madeira com áreas molhadas em alvenaria convencional.	37
Figura 16 - Preparação do terreno	39
Figura 17 - Locação da obra.	39
Figura 18 - Execução da fundação.	40
Figura 19 – Lançamento do concreto da fundação.....	41
Figura 20 – Alvenaria de embasamento	41
Figura 21 - Aterro e apiloamento	42
Figura 22 - Execução do contrapiso.	43
Figura 23 – Estrutura em concreto e alvenaria convencional.....	44
Figura 24 – Montantes verticais (pilares).....	45
Figura 25 – Tábuas de madeira (paredes).....	46
Figura 26 – Conexão entre vigas e pilares.....	46
Figura 27 – Conexão entre vigas e pilares.....	47
Figura 28 – Vigas em madeira para laje de piso.....	48
Figura 29 – Barrotes de madeira.....	48

Figura 30 – Piso de madeira	49
Figura 31 - Estrutura em madeira para receber o telhado.....	50
Figura 32 – Manta de subcobertura	50
Figura 33 – Telhado Colonial	51
Figura 34 – Eletrodutos e caixas de passagem	52
Figura 35 – Disposição de fios para tomadas	52
Figura 36 – Instalação da tubulação de PVC no banheiro.....	53
Figura 37 – Cozinha revestida de azulejo até o teto	54
Figura 38 – Forro de madeira	54
Figura 39 – Piso cerâmico na cozinha	56
Figura 40 – Estrutura para receber Piso de madeira na sala	56
Figura 41 – Detalhe de piso laminado na sala	57
Figura 42 – Janela em esquadria de madeira	58
Figura 43 – Porta em esquadria de madeira	58
Figura 44 – Obra concluída.	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dimensões mínimas exigidas pela NBR 7190 para utilização de elementos estruturais de madeira.....	30
Tabela 2 – Número de pregos utilizados por montante para fixação de revestimento na estrutura.....	31

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVO	14
2.1	Objetivo Geral	14
2.2	Objetivo Específico	14
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
3.1	Unidade Habitacional de dois pavimentos	15
3.2	Sustentabilidade na Construção Civil	16
3.3	Segurança da edificação em estrutura de madeira	18
3.4	Método construtivo <i>Light Wood-frame</i>	19
3.4.1	Definição	19
3.4.2	Histórico do Sistema	21
3.4.3	Materiais	22
3.5	Etapas construtivas do sistema de estruturas em madeira	22
3.5.1	Tratamento das peças de madeira a serem utilizadas	22
3.5.2	Ligações mecânicas de peças de madeira	24
3.5.3	Fundação	25
3.5.4	Pilares e Vigas	28
3.5.5	Fechamento	30
3.5.6	Lajes 31	
3.5.7	Coberturas	33
3.5.8	Acabamento	36
3.5.9	Ambientes molhados	36
4	METODOLOGIA	38
4.1	Preparação do terreno e locação da obra	38
4.2	Fundação	39
4.3	Aterro e apiloamento	41
4.4	Contrapiso	42
4.5	Supra Estrutura e Paredes	43
4.5.1	Estrutura e paredes das áreas molhadas	43
4.5.2	Estrutura e paredes dos ambientes secos	44
4.6	Laje de piso	47
4.7	Cobertura	49

4.8	Instalações Elétricas e Hidráulicas.....	51
4.9	Acabamento.....	53
4.10	Esquadrias.....	57
4.11	Conclusão e entrega da obra.....	58
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS	60
6	CONCLUSÃO.....	63
	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	65
	ANEXOS.....	67

1 INTRODUÇÃO

A madeira foi um dos primeiros materiais a ser utilizado na construção civil, com os avanços tecnológicos que possibilitaram o surgimento de novos métodos construtivos, logo este tipo de material perdeu seu espaço no mercado em nosso país, dando lugar as construções em alvenaria convencional.

Devido a biodiversidade florestal do Brasil ser reconhecida mundialmente, temos em abundância este material, que além de natural, é renovável, ou seja, se utilizada de maneira correta, não causaria impactos para as gerações futuras.

Alguns países não deixaram de lado este sistema construtivo, ao contrário, devido à grande viabilidade do sistema, onde há vantagens econômicas, sustentáveis, em conforto térmico, acústico e na redução considerável na duração das obras. Como exemplo de bons resultados com as casas em *Light Wood-frame* temos o Canadá onde 90% de suas construções são em estruturas de madeira, seguido pelos Estados Unidos onde este tipo de edificação representa 75% de todos os imóveis. Um dos fatores importantes para utilização deste sistema são os climas destes países, porém temos também o Chile que possui o clima parecido com o brasileiro em algumas regiões e este sistema representa cerca de 60% de suas casas.

A construção em alvenaria convencional no nosso país também conta com uma questão cultural, muitos ainda não acreditam na eficiência e segurança de um imóvel construído em madeira, por isso não o aceitam. O engenheiro civil também tem o papel de buscar novas propostas que nos façam obter resultados positivos desde fatores econômicos até sustentáveis, sem ignorar a preocupação com conforto e satisfação de quem habitará suas edificações.

Com a crescente evolução da urbanização, cada vez mais podemos observar construções de casas, edifícios entre outras obras, além do grande impacto ambiental gerado pelos resíduos destas construções, os materiais utilizados são fruto de grande gasto energético quanto de emissão de poluentes para sua obtenção e industrialização. Podemos observar certo comodismo dos profissionais na área da construção civil quando se diz em novas alternativas, porém com esse crescimento desenfreado teremos nosso meio ambiente cada vez mais degradado.

Este trabalho busca analisar o sistema de construções de imóveis residenciais em madeira na cidade Arcos e região, que tem como objetivo garantir eficiência, segurança, conforto e durabilidade. O sistema também conhecido por *Light Wood-frame* se comparado aos métodos construtivos mais utilizados em nosso país, possui baixo índice de desperdício,

por se tratar de um sistema industrializado, o que também nos garante que possa atender uma demanda cada vez maior de alta produtividade e cumprimento de menores prazos. Através do estudo foi realizada uma revisão bibliográfica a fim de identificar o que se tem de mais relevante quando se trata do assunto, e abordar a viabilidade deste sistema construtivo, tendo em vista a comprovação através de um estudo de caso em um sobrado edificado através deste sistema em Arcos.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é abordar o tema referente ao estudo de caso, que se trata de um sobrado residencial construído em *Light Wood-frame*, detalhando as vantagens e desvantagens deste método construtivo em relação à alvenaria convencional na cidade de Arcos - MG.

2.1 Objetivo Geral

Identificar, caracterizar e avaliar as etapas construtivas da metodologia de construção denominada *Light Wood-frame*, na construção de um sobrado residencial localizado no município de Arcos, Minas Gerais.

2.2 Objetivo Específico

Visando atingir o objetivo, são requeridos alguns objetivos específicos, entre eles:

- Caracterizar os métodos de execução e técnicas aplicadas para construção do objeto de estudo;
- Analisar as vantagens e desvantagens do método construtivo *Light Wood-frame* comparado a alvenaria convencional;
- Avaliar a viabilidade deste método na região, como disponibilidade de materiais e mão de obra especializada, levantando os obstáculos para implantação do mesmo;
- Realizar uma discussão abordando os resultados oriundos do estudo de caso.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

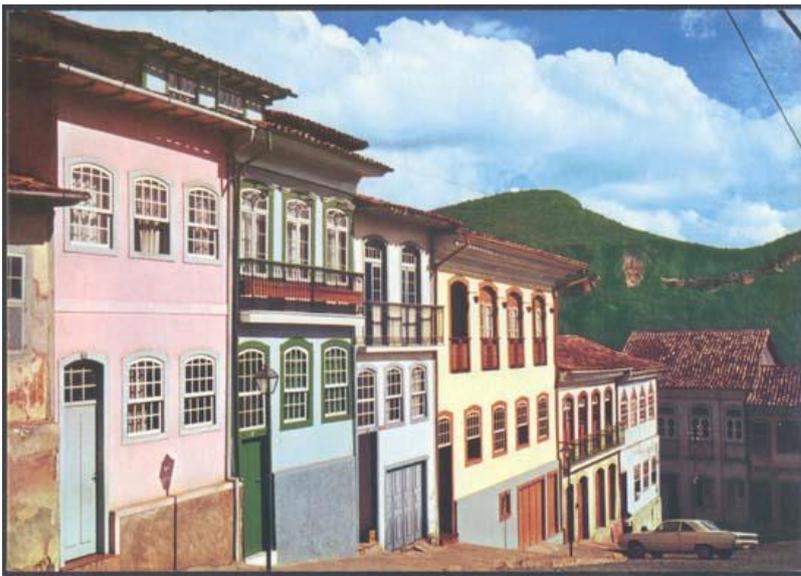
Foi realizada uma fundamentação teórica sobre o tema abordado pelo trabalho, apontando as peculiaridades mais relevantes deste sistema construtivo, com base em pesquisas feitas através de livros, artigos acadêmicos, normas elaboradas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas e arquivos digitais.

3.1 Unidade Habitacional de dois pavimentos

São unidades residenciais unifamiliares constituída por 2 pisos (FIG. 1), onde tem se o pavimento térreo e o 1º pavimento, acessado através de escada ou elevador. Este tipo de construção teve início na época Brasil - Colônia, eram residências dos senhores feudais e deram início a urbanização em nosso país.

Também conhecido por sobrado, expressão que surgiu em cidades mineiras, que por serem caracterizadas por topografias irregulares, as construções eram edificadas a partir do nível mais alto da rua, logo “sobrava” um espaço entre o térreo e o piso principal, foi onde surgiu a terminologia. Além do fator estético estas edificações também podem ser viáveis em relação ao aproveitamento da área de pequenos terrenos.

Figura 1 – Sobrado em Ouro Preto - MG



Fonte: Página de selos selosefilatelia¹.

¹<http://www.selosefilatelia.com/PastaLancamentos2011/013.html>

3.2 Sustentabilidade na Construção Civil

O desenvolvimento de cidades em nosso país aumenta cada vez mais a demanda por moradias, indústrias, estradas e infra-estrutura, isso nos faz pensar na importância da Construção Civil para o desenvolvimento do Brasil, porém, aliado a isso existe também a influência das construções no meio ambiente.

Parte da visão de progresso, muita das vezes é confundida com o domínio e transformação da natureza. Com isto temos o errôneo pensamento de que os recursos naturais são ilimitados, o que foge completamente do conceito e aplicação da sustentabilidade (FARIA, 2006).

Uma das grandes preocupações da humanidade na atual realidade em que vivemos é o futuro do nosso planeta no quesito meio ambiente, crescimento urbano desenfreado, desmatamento indiscriminado de nossas florestas, queimadas em áreas verdes e exploração ilegal de madeiras de lei são alguns dos fatores mais impactantes que acontece em partes por razão da construção civil. Nos dias de hoje muito se fala em sustentabilidade, porém pouco se conhece ou é colocado em prática no Brasil. Sustentabilidade é o simples fato da utilização racional dos recursos necessários para satisfazer nossas necessidades sem que esta utilização comprometa as futuras gerações. (TEIXEIRA, 2013).

A construção civil está ligada ao desenvolvimento socioeconômico de nosso País, da mesma forma este mesmo avanço influencia diretamente e indiretamente na geração de impactos ambientais, impactos que variam de acordo com proporção das obras que os geram. Impactos estes causados pela geração de resíduos, utilização de recursos naturais, modificação de paisagem e até mesmo a poluição gerada para fabricação dos materiais que são utilizados. (SPADOTTO et al., 2011, p. 175).

Além dos entulhos causados pela má utilização e perda de materiais na execução de obras, sabemos que ao longo da vida útil de uma edificação são gerados também resíduos desde manutenção e reforma até a fase de demolição.

“A indústria da construção civil traz à população muitos benefícios e é capaz de recuperar os danos causados através da concepção de novos projetos e pesquisas que melhoram a qualidade do meio ambiente”. (OLIVEIRA, 2002 apud FARIA, 2006, p. 2).

Temos conhecimento que a madeira é um material presente em várias etapas da maioria de nossas construções. Utilizadas como fôrmas, escoras, esquadrias, pisos, forros, revestimentos e mobílias. Porém na tentativa de evitar o desmatamento, o nosso país tem como alternativa optar pelo uso de alumínio, plástico, derivados do petróleo, concreto, aço e

outros. Porém nem sempre essas alternativas são tecnicamente sustentáveis, tendo em vista os impactos gerados no meio ambiente para produção destes. Segundo IELPO (2012) através de um comparativo simples podemos exemplificar a redução de impactos gerados ao meio ambiente ao utilizarmos a madeira na construção civil, temos em média que enquanto a produção de 1 m³ de cimento emite cerca de 2.500 kg de CO₂ (dióxido de carbono), de aço emite cerca de 5.000 kg de CO₂, a produção do mesmo volume de madeira tem capacidade de retirar da atmosfera aproximadamente 1.000 kg de CO₂.

Por mais que o CO₂ seja essencial para a vida, sua emissão na atmosfera em excesso é um dos fatores responsáveis pelo efeito estufa, causando danos na camada de ozônio, logo em partes utilizar a madeira ao invés de outros materiais, como aço, cimento, bloco cerâmico e concreto, pode nos beneficiar com a redução da emissão de poluentes.

Diferente do que a maioria pensa, as construções em madeira não oferecem riscos às reservas florestais, pelo contrário, o manejo adequado e corte de árvores mais idosas, permitem as mais jovens melhores insolação, ventilação e absorção de nutrientes, conservando assim o ciclo de vitalidade das florestas. É importante ressaltar que quando falamos da construção em madeira, fazemos referência a um sistema construtivo que se baseia exclusivamente na utilização de madeiras de reflorestamento, ou seja, utilização de madeiras que foram plantadas para este fim e que possuem um prazo menor de crescimento em relação a madeiras nativas principalmente da região Amazônica (IELPO, 2012).

Outro fator de suma importância no que tange a utilização de madeira como alternativa para atingirmos construções mais sustentáveis, é a grande redução de desperdícios. Spadotto (2011) comenta que devido à comum utilização de materiais não renováveis na construção civil no Brasil, é gerado cerca de 685 000 000 toneladas de entulhos, o que gera custo para coleta, transporte e deposição destes recursos.

Caso estas etapas não aconteçam da maneira correta, como acontece muitas das vezes, causam impactos ao meio ambiente. O sistema construtivo em madeira consiste em um sistema industrializado, ou seja, a maioria das peças que serão utilizadas em quase todas as etapas da construção, desde supra estrutura até o acabamento, chegam ao canteiro de obra, com as dimensões especificadas em projeto, ou seja, evitam cortes e perdas, reduzindo significativamente a geração destes entulhos que além de gerarem custos em grandes obras são depositados em locais incorretos causando também impactos ambientais.

Segundo FACCHIN (2006) a madeira é o único material renovável utilizado na construção civil que não é poluente durante sua fase de produção e possui baixo consumo energético.

A grande importância do tema sustentabilidade em nossa atualidade fez necessária a criação de certificadoras. Grandes empresas atuantes no mercado da construção civil buscam alternativas sustentáveis, assim gerando uma necessidade de obtenção destes selos verdes, que são a Certificação Florestal concedida por órgãos certificadores. Este certificado tem como objetivo a garantia ao consumidor de que o produto que a empresa certificada utiliza tem origem de florestas certificadas com manejo florestal ambientalmente adequado, socialmente justo e economicamente viável, logo esta empresa gerou o seu produto respeitando o meio ambiente.

Por fim conforme conclusão de TEIXEIRA (2012), sustentabilidade é uma forma de buscar maior igualdade social, valorização cultural, redução de custos financeiros e principalmente os custos ambientais, visando além de tudo à distribuição equitativa da matéria-prima, com objetivo de que a evolução que aconteça conforme nossas necessidades não venham a colocar em risco as futuras gerações.

3.3 Segurança da edificação em estrutura de madeira

Quando é abordado o tema construção em madeira, logo pensamos nos riscos que estas construções estão expostas, que conseqüentemente irão reduzir sua durabilidade e colocar em risco estas estruturas, se não tratada corretamente, a madeira pode sofrer patologias de causas biológicas, climáticas e ambientais.

Uma das maiores preocupações quando se aborda este tema é o risco de incêndio, porém se tratada de maneira correta com aplicação de materiais retardantes, pintura intumescentes e aditivos antichamas, em termos estruturais, em situações de incêndio, a madeira apresenta excelente comportamento, em relação a outros materiais como aço e concreto armado, pois quando uma estrutura de madeira é exposta ao fogo, seu perímetro externo é carbonizado primeiro, deixando seu interior aparentemente intacto, segundo Pinto (2001).

Outro problema é a ação de agentes biológicos que podem deteriorar a estrutura de madeira, estes são insetos e fungos, esta madeira quando expostas a estes riscos, com o passar do tempo vai perdendo sua resistência, causando um problema estrutural no imóvel. Porém temos como alternativa o tratamento desta madeira contra os agentes biológicos, este tratamento pode ser efetuado de três maneiras, por pincelamento, aspersão e pulverização.

Segundo recomendação da NBR 7190, o mínimo de preservação exigido para utilização de madeira em estruturas, é o pincelamento no caso de madeiras dicotiledôneas e

impregnação em autoclave em madeiras coníferas. Garantindo assim a proteção desta estrutura e sua durabilidade.

3.4 Método construtivo *Light Wood-frame*

Segundo POWELL, TILOTTA E MARTINSON (2008), uma casa ideal se baseia em conforto, segurança, durabilidade, resistência, sustentabilidade e eficiência. Por mais que a construção civil tenha passado por grandes avanços tecnológicos no que se refere a conforto, desempenho e utilização de novos materiais para construção de moradias, no Brasil continuamos, em grande maioria, utilizando o mesmo sistema construtivo desde o descobrimento do nosso país.

Além de pesquisas é fundamental a prática destes novos métodos construtivos, a fim de aumentar o desempenho e conforto de nossas moradias, bem como otimizar o prazo de execução de obras, a sustentabilidade, os custos e a durabilidade.

3.4.1 Definição

A madeira é um dos materiais mais utilizados nas construções de moradias em países como os Estados Unidos, Canadá, Chile dentre outros países, principalmente em regiões com climas frios. É possível observar também uma quantidade representativa de edificações em madeira no sul do Brasil.

Pesquisas e testes em laboratórios comprovam o bom desempenho do material, em todos os quesitos primordiais para a sua utilização em moradias, porém no Brasil, ainda se observa bastante resistência cultural por parte da população, onde vemos quase todos os imóveis residenciais urbanos construídos em alvenaria convencional (estruturas em concreto armado e vedação em blocos cerâmicos), fator determinante para que não haja o avanço esperado do sistema de casas de estrutura leve de madeira e aumento dos custos para industrialização deste produto (FARIA, 2009).

O sistema conhecido por *Light Wood-Frame* é caracterizado por perfis de madeira que em conjunto com placas estruturais ou peças de madeira formam painéis estruturais capazes de resistir cargas verticais e horizontais, transmitindo-as para a fundação (FIG. 2).

Figura 2 - Sobrado edificado através do Sistema *Light Wood-Frame*.



Fonte: Página de casas realizada do site da Construtora Precasa².

"Se somarmos o déficit habitacional à capacidade de industrializar as construções leves em madeira, esse sistema é bastante competitivo, pois permite a pré-fabricação em ambiente industrial." (STAMATO, 2008 apud NAKAMURA, 2009).

Podemos observar que este sistema é adotado em países onde a mão de obra é muito cara, isso se dá devido todos componentes da construção serem industrializados, chegando à obra prontos para serem instalados, o que reduz consideravelmente o tempo da construção, reduzindo assim gastos excessivos com mão de obra.

A resistência por parte da população para que este sistema seja utilizado em maior escala em nosso país, acontece também, devido ao fato de pensarem que casas pré-moldadas em madeira sejam padronizadas, ou seja, todas seguindo o mesmo modelo, mas é visível a execução de vários modelos até mesmo no Brasil, que variam de escritório, casas de apenas um pavimento, sobrados e conjuntos habitacionais, sendo então um preconceito infundado em relação a este sistema.

²<http://precasa.com.br/?p=805>

3.4.2 Histórico do Sistema

Segundo afirmação de ANDERSON (1975) no período de 1970 nos Estados Unidos era possível observar casas de madeira que já haviam sido construídas há mais de 200 anos e ainda gozavam de excelente estado de conservação e segurança. Porém este sistema passou por evoluções tecnológicas que deram início ao sistema leve de estruturas em madeira, reduzindo assim seu peso próprio e otimizando alguns fatores como custo, sustentabilidade e prazo para execução.

“A construção leve em *wood-frame* teve origem nos Estados Unidos a mais de 150 anos atrás e rapidamente desenvolveu-se no sistema de construção predominante para casas e outras edificações de menor escala. Em 2008, quase a totalidade de construções no país eram feitas utilizando o método de construção em *wood-frame*” (THALLON, 2008).

STAMATO (2008) comenta que no Brasil a madeira foi muito utilizada em meados do século XX, quando foram construídas diversas estruturas em arcos lamelares e pórticos, a partir de 1970 esta tecnologia parou de ser utilizada em larga escala, enquanto em outros países continuaram evoluindo.

Teoricamente falando a utilização da madeira como matéria prima para construção de moradias no Brasil, seria uma grande saída, tendo em vista que a indústria de reflorestamento nacional é considerada uma das mais competitivas do mundo, onde temos também grande disponibilidade de área para que este reflorestamento aconteça.

Em Arcos e região, o custo dos materiais empregados na construção, custa em média 50% (cinquenta por cento) do valor total da obra, é de suma importância avaliar o desperdício e ineficiência na utilização destes materiais, problemas que podem estar diretamente ligados a falta de mão de obra qualificada, gestão da obra ou até mesmo devido a viabilidade de utilização destes materiais. Problemas estes que poderiam ser sanados utilizando materiais industrializados pré-moldados, como estruturas em madeira e aço no caso de construções em *light steel frame*.

A madeira está na lista dos materiais mais antigos a serem utilizados na construção, porém no Brasil o aproveitamento deste material como elemento estrutural é muito desconhecido em relação a outros países. Nos últimos anos podemos observar algumas iniciativas buscando utilizar o *light wood frame* como mais uma alternativa para a construção industrializada, uma vez que o sistema pode erguer edificações de forma veloz, sem desperdícios e de qualidade.

3.4.3 Materiais

São utilizadas em construções de *Light Wood-frame* peças de madeiras para estrutura e vedação. No Brasil estas peças de madeira com finalidade estrutural comumente são utilizadas as madeiras denominadas duras, como Ipê, Peroba Rosa, Maçaranduba, Eucalipto, Pinus, Jatobá, Garapa, Cumaru, Itaúba e Aroeira. (BEZERRA, 2008; FRANCISCA, 2008).

No caso do fechamento das paredes podemos utilizar além de tábuas de madeira os painéis de OSB (*Oriented Strand Board*), que são painéis estruturais compostos por madeira compensada.

Porém não excluimos a utilização de outros materiais como aço, concreto, blocos de concreto e cerâmico. Estes materiais são utilizados em diversas etapas da obra como fundação, alvenaria de embasamento, como também na parte estrutural e de vedação de alguns cômodos quando a edificação for mista, caso em que as áreas molhadas serão edificadas em concreto armado e alvenaria de tijolos cerâmicos.

3.5 Etapas construtivas do sistema de estruturas em madeira

A edificação em estruturas de madeira possui as etapas construtivas bem parecidas com as de outros sistemas construtivos, porém é importante que todas as etapas a serem realizadas desde o tratamento da madeira que será utilizada até o acabamento final da obra deverão ser realizadas conforme projeto e planejamento, através de mão de obra especializada e supervisão frequente do responsável técnico, evitando assim gastos desnecessários e futuras patologias na construção. Suas etapas são divididas em:

3.5.1 Tratamento das peças de madeira a serem utilizadas

Para a construção de um imóvel em estrutura de madeira é de fundamental importância que todas as peças de madeira que cheguem ao canteiro de obra para serem instaladas sejam tratadas, de acordo com a sua utilidade, para evitar futuras patologias e comprometimento da segurança e vida útil da edificação.

Além destes tratamentos, é importante também uma manutenção preventiva em períodos pré-determinados com o intuito de manter a integridade da edificação e evitar maiores custos com manutenção corretiva. Os tratamentos mais utilizados para madeiras na Construção Civil são divididos em três categorias:

3.5.1.1 Pré-tratamento

Este tem como finalidade garantir a sanidade biológica da peça por um período relativamente curto, período do deslocamento das toras de madeira das florestas até a serraria, além de evitar que a madeira serrada até sua secagem não seja alvo de desenvolvimento de fungos (MACEDO, 2014).

3.5.1.2 Tratamento sem pressão ativa

O tratamento sem pressão ativa consiste na aplicação por pincelamento, aspensão ou imersão da peça, através preservativos hidrossolúveis ou óleo solúveis de baixa viscosidade, que penetraram superficialmente a peça, e irá garantir que esta não sofra ações de organismos xilófagos.

Este tratamento é apropriado para peças de madeiras usadas na construção civil ao abrigo das intempéries e no máximo exposto a umedecimento temporário, como interior das construções, fora do contato com o solo, e que ocasionalmente possam estar expostos a fontes internas de umidade.

“A degradação biológica da madeira é causada por organismos xilófagos compreendidos basicamente por: fungos, insetos, moluscos, crustáceos e bactérias.” (ALVES, MENDES, 1988, p. 8).

Por estes fatores podemos observar a importância do tratamento para que não haja comprometimento futuro da estrutura.

3.5.1.3 Tratamento com pressão

Adequado para peças que serão utilizadas na parte exterior das construções, em contato com solo, água, em engastes com concreto, sujeita a intempéries. Este processo é realizado em unidades industriais denominadas Usinas de Preservação de Madeiras, onde serão necessários equipamentos como autoclaves, bombas de vácuo, de transferência de pressão, tanques de armazenagem e outros acessórios (MACEDO, 2014).

O tratamento é feito através da impregnação de agentes preservativos nas peças de madeira com pressões superiores a atmosférica, onde acontecerá a retenção, penetração e distribuição adequada do produto por todo seu interior. Além dos custos para os tratamentos

com pressão serem bem maior, garante a peça uma maior durabilidade e segurança para o consumidor.

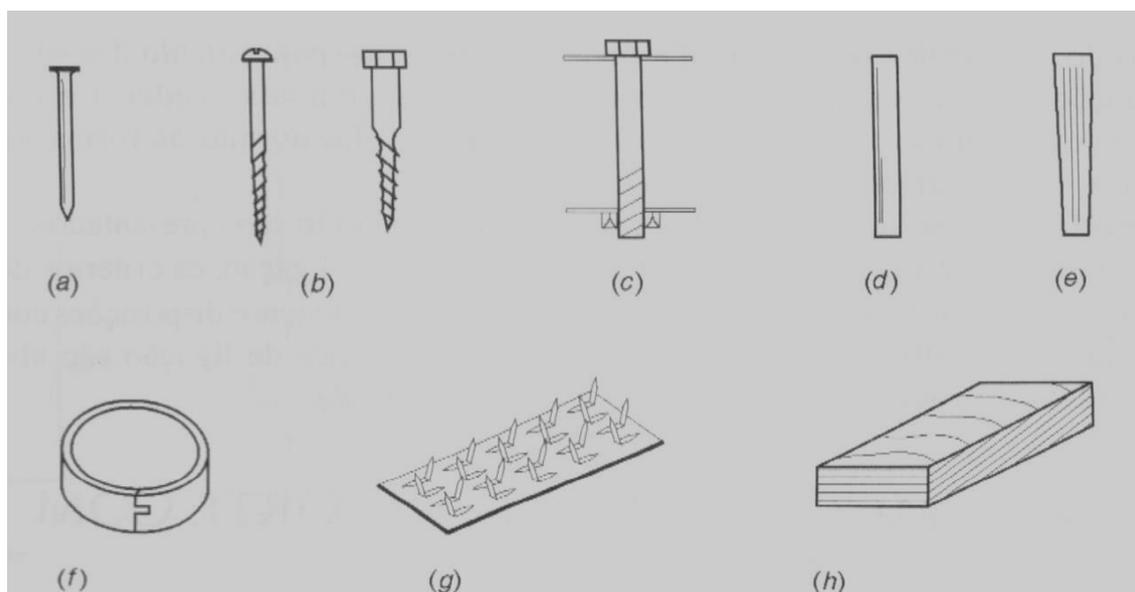
3.5.2 Ligações mecânicas de peças de madeira

A madeira bruta possui seu comprimento limitado em razão do tamanho das árvores e meios de transporte. Quando são serradas para utilização seus comprimentos se tornam ainda mais limitados, geralmente chegam a no máximo 5 metros. (PFEIL, W.; PFEIL, M. 2003)

Segundo JUNIOR, LAHR E DIAS (2003) as ligações são consideradas como pontos fundamentais da segurança da estrutura, dependendo da situação um mal dimensionamento destas ligações poderá ser responsável pelo colapso de toda estrutura.

Para a construção de uma estrutura utilizando este material é necessário a utilização de diversos dispositivos a fim de ligar estas estruturas entre si e com outros materiais como concreto e aço (FIG. 3). Os principais tipos de ligação empregados são: pregos, parafusos, pinos, conectores metálicos, tarugos, entalhes, colagem, grampos e braçadeiras.

Figura 3 - Conectores para ligação em estruturas de madeira: (a) prego; (b) parafuso auto-atarraxante; (c) parafuso com porca e arruela; (d) pino metálico; (e) pino de madeira; (f) conector de anel metálico; (g) chapa com dentes estampados; (h) Tarugo de madeira.



Fonte: PFEIL, W., PFEIL, M., 2003, p. 53.

Para utilização de qualquer elemento de ligação é necessário respeitar os dimensionamentos de cálculos exigidos pela NBR 7190, com intuito de manter a estrutura

estática, sem comprometer a resistência da peça, evitando assim fendilhamento ou qualquer outro dano a estrutura.

3.5.3 Fundação

A infra-estrutura, mais conhecida por base ou fundação, que nada mais é do que o conjunto elementos construtivos que tem como objetivo receber a carga proveniente dos pilares e transmiti-la para o solo, assim mantendo a estrutura estática.

A estrutura em madeira de um imóvel, se comparada a outros métodos construtivos, possui um peso próprio bem menor. Em razão destes fatores qualquer tipo de fundação dimensionada de maneira correta suporta facilmente estas construções, devemos também levar em consideração o tipo de solo em que esta será executada. As fundações mais utilizadas para distribuir a carga da edificação para o solo em construções de madeira são radier, sapatas corridas e viga baldrame (Faria, 2009).

Estas fundações são mais utilizadas, principalmente devido ao baixo custo e facilidade de execução, porém qualquer tipo de fundação com dimensionamento correto pode ser utilizado para suportar as cargas de uma construção em estrutura de madeira.

3.5.3.1 Radier

O radier é uma fundação superficial que tem como objetivo distribuir todo o peso da estrutura de maneira uniforme para o terreno. É composta por uma laje maciça de concreto armado, concreto reforçado com fibras e até mesmo em concreto protendido. Esta laje possui cota bem próxima da superfície do terreno, conforme a FIG. 4 nos mostra (Campos, 2011).

Em razão das edificações em estrutura de madeira possuir seu peso próprio menor se comparada a outros métodos construtivos, é mais comum a utilização do radier em concreto armado como elemento de fundação.

Segundo Campos (2011) para utilização do radier é necessário que o solo que irá recebê-lo deverá estar rigorosamente nivelado.

Sua execução consiste na distribuição de uma camada de brita, bica corrida ou pó de pedra compactado, esta camada deverá ter aproximadamente 7 cm de espessura, e tem como finalidade evitar que a armadura tenha contato direto com o solo, sobre esta camada é colocada lona plástica, que além de ajudar na impermeabilização impede que a nata de concreto desça para a brita.

Em seguida são colocadas as fôrmas utilizadas para conter o concreto que constituirá a estrutura, estas podem ser de madeira ou metálicas, então verifica-se os encontros e travamento destas a fim de evitar qualquer problema durante a concretagem.

Então é disposta sobre a lona a armadura com dimensões exigidas pelo projetista e por fim é feito o lançamento de concreto que pode ser feito com bomba ou jericá, sempre garantido o nivelamento por mestras metálicas, depois é feito o acabamento superficial. Devido à distribuição uniforme da carga da edificação, o radier admite solos com resistência mais baixa do que aquela que é necessária para estaca, afirma Gerab (2011).

Figura 4 - Fundação tipo Radier.



Fonte: Página da construtora Mogmo ³.

3.5.3.2 Sapata Corrida

A sapata corrida é um tipo de fundação destinada a receber cargas lineares provenientes da alvenaria e se apoia diretamente no terreno, são classificadas em flexíveis ou rígidas, conforme parâmetros da NBR 6118/03 (FIG. 5).

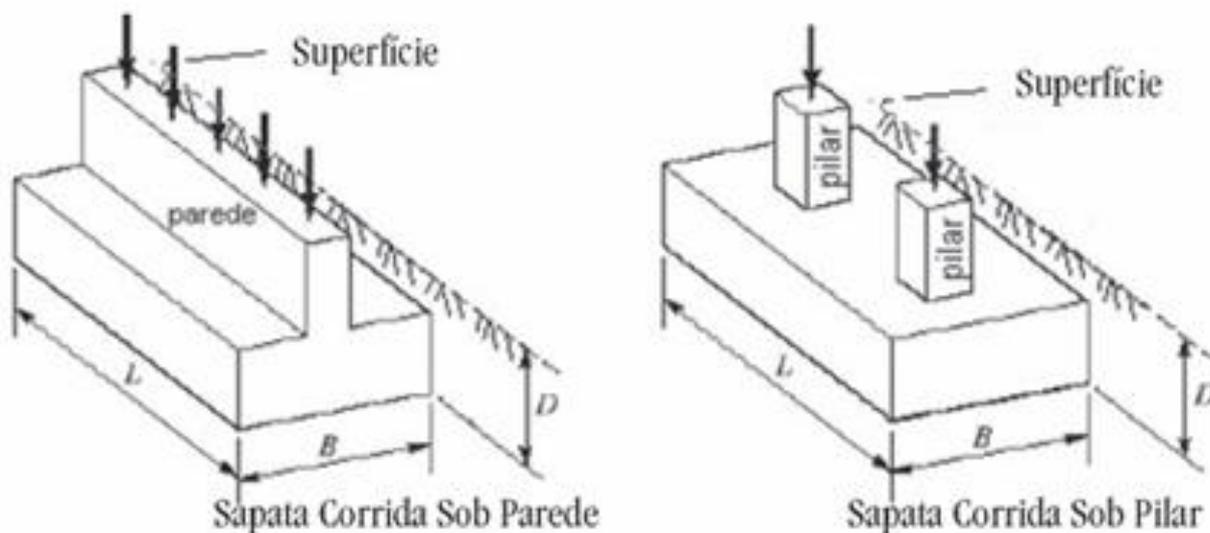
A execução da sapata corrida é bem simples, onde temos a perfuração das valas, compactação do solo no fundo destas, lançamento de uma camada de brita de aproximadamente 10 cm que deverá ser socada até que penetre no solo.

Após esta etapa devemos montar a armadura conforme especificação do projetista e preparação das fôrmas.

³<http://www.mogmo.com.br/obra.aspx?id=17&etapa=1>

Posiciona-se a armadura na vala e então é feito o lançamento do concreto, deve se atentar para que haja adensamento necessário entre o concreto e as barras de aço. É recomendada a utilização de um vibrador para eliminar bolhas de ar no concreto.

Figura 5 - Fundação Tipo Sapata Corrida



Fonte: Acervo digital do site Construironline⁴.

3.5.3.3 Viga Baldrame

Também conhecida como viga de fundação, a viga baldrame é considerada uma fundação rasa. Composta por uma viga de concreto simples, armado ou até mesmo de blocos preenchidos com concreto, esta é construída diretamente sobre o solo conforme FIG. 6, esta viga apoia diretamente sobre o solo (Melo, 2014).

A armadura da viga baldrame é ancorada nas armaduras de ancoragens deixada sobre as fundações isoladas (sapata ou bloco de fundação) para receber os pilares.

Segundo MELO (2014) a viga baldrame tem como principal função eliminar esforços horizontais provenientes das paredes de vedação e travar todos os elementos construtivos da fundação.

Em terrenos firmes e em razão da carga da construção em estruturas de madeira ser relativamente menor em comparação aos outros métodos construtivos, utiliza-se também a viga baldrame como a própria fundação.

⁴<http://construironline.dashofer.pt/?s=modulos&v=capitulo&c=397>

Figura 6 - Fundação tipo Viga Baldrame



Fonte: Pró-Reitoria de Planejamento, Orçamento e Desenvolvimento Institucional – Página da UNIFAL - MG ⁵.

3.5.4 Pilares e Vigas

Temos que a supra-estrutura é toda aquela estrutura que está acima do nível do solo, na Engenharia Civil este tipo de estrutura é composto por pilares, vigas, lajes e outros elementos de apoio. Estes elementos estruturais são responsáveis por suportar a carga da edificação, garantindo estabilidade e segurança.

Estes elementos trabalham em conjunto para garantir a estabilidade da construção, onde a laje distribui a carga suportada por toda sua extensão para as vigas, que descarregam estas cargas nos pilares e estes por fim transferem para a fundação.

É de fundamental importância que todos estes elementos sejam dimensionados corretamente e com segurança, pois falhas no projeto podem ocasionar desde pequenas patologias como fissuras e trincas ou até mesmo comprometer toda a segurança da edificação.

No caso de edificação em estruturas de madeira todo dimensionamento é regulamentado pela ABNT – NBR 7190: Projeto de Estruturas de Madeira. O objetivo desta norma é fixar condições a serem seguidas em projeto, execução e controle das estruturas de madeira.

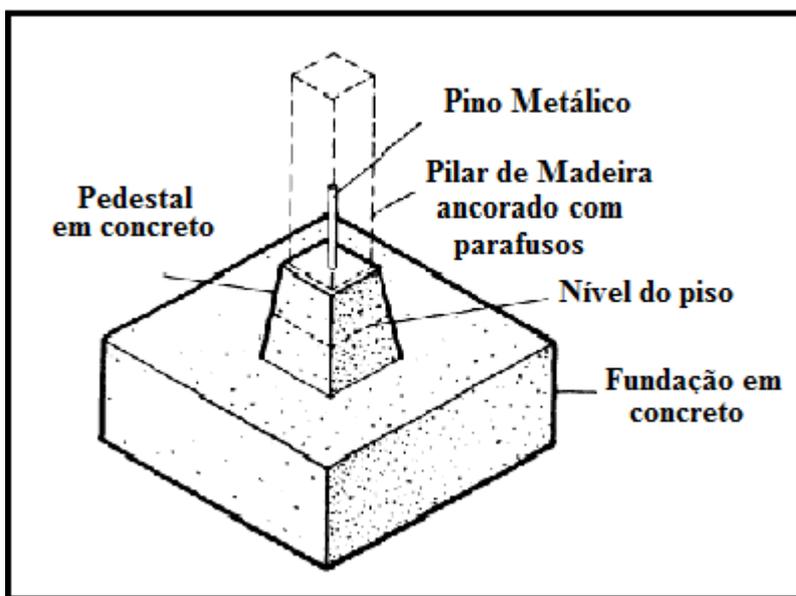
Conforme NBR 7190 para dimensionamento de estruturas em madeira deve-se levar em consideração as ações permanentes, variáveis e excepcionais, caracterizadas respectivamente por:

⁵<http://www.unifal-mg.edu.br/planejamento/varginha-cercamento-guarita>

- Ações permanentes serão aquelas com valores constantes ou que tenha pequena variação, que se manterão durante toda a vida da estrutura;
- Ações variáveis são cargas que variam durante a vida da estrutura, como ação de vento, chuva, cargas acidentais (pessoas, móveis, veículos, materiais, tudo aquilo que será colocado sobre a edificação) e variação de temperatura;
- São conceituadas como ações excepcionais aquelas cuja sua duração será muito curta e improvável que venha a acontecer durante toda a vida da construção, porém deve-se levar em consideração para o projeto.

Para realizar a ligação entre os pilares de madeira e a fundação no caso de fundações de concreto, é feito um pequeno pedestal, onde o pilar será ancorado através de parafusos ou pinos metálicos que possuem a finalidade de manter o elemento estrutural fixado na fundação (FIG. 7).

Figura 7 - Ancoragem entre pilar de madeira e fundação em concreto.



Fonte: ANDERSON, 1975, p. 6.

Um fator positivo para utilização da madeira é seu comportamento estrutural, ela possui resistência mecânica tanto a esforços de compressão como tração, e grande resistência a choques, resistência esta que a faz absorver impactos que dificilmente seriam absorvidos com tanta eficácia por outros materiais.

Ao elaborar um projeto dimensionando as estruturas de madeiras a serem utilizadas a NBR 7190 regulamenta quais as dimensões mínimas para a sua utilização. (TAB. 1)

Tabela 1 – Dimensões mínimas exigidas pela NBR 7190 para utilização de elementos estruturais de madeira.

Tipo de elemento estrutural	Área mínima seção transversal (cm²)	Espessura mínima (cm)
Peças principais isoladas (vigas e barras)	50	5
Peças Secundárias isoladas	18	2,5
Peças principais múltiplas	35	2,5
Peças secundárias múltiplas	18	1,8

Fonte: ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), NBR 7190: Projeto de Estruturas de Madeira.

3.5.5 Fechamento

O fechamento de construções em madeira é feito através da instalação de OSB (*Oriented Strand Board*) que são painéis estruturais formados por tiras de madeiras que são orientadas perpendicularmente em 3 camadas para obter aumento em sua rigidez e resistência mecânica, estas fibras são coladas com resina sob alta temperatura e pressão, ou pode ser realizado através de tábuas, tanto para paredes externas quanto para internas. (PAINÉIS..., 2006).

Em painéis de OSB é aplicada uma membrana impermeável que irá garantir a estanqueidade adequada e ventilação das paredes, pois permitirá que parte da umidade interna possa sair e impedir que a umidade externa entre no ambiente.

Para utilização de tábuas podemos realizar a instalação destas montando em posições variadas (horizontal, vertical ou inclinada), a posição só irá contribuir esteticamente para a edificação.

Geralmente são feitas em tábuas aplainadas e formando macho e fêmea para seu encaixe ou chanfradas.

Essas tábuas de fechamento devem ter espessura em torno de 2 cm e largura entre 10 e 20 cm, é conveniente que estas peças de fechamento não tenham umidade superior a 15% no ato da construção, para que não ocorra retração relevante após sua instalação.

A fixação deverá ser feita com pregos galvanizados ou zincados a fogo, com espessura de 2,0 mm para madeira dura e 2,5 mm para madeiras moles, 50 mm de comprimento e o número de pregos por montante irá variar de acordo com a largura da peça (TAB 2). (CONSTRUÇÃO..., 2012).

Tabela 2 – Número de pregos utilizados por montante para fixação de revestimento na estrutura.

Largura da Tábua (cm)	Número de pregos por montante
10 a 15	1 ou 2
15 a 20	2 ou 3
20 a 25	3 ou 4

Fonte: Construção em Madeira, Sistema Plataforma – Página da USP ⁶

3.5.6 Lajes

Segundo a NBR 6118:2014 lajes são elementos de superfície plana sujeitas principalmente a ações normais a seu plano. Estas são divididas em lajes de piso ou de forro.

Nas construções em madeira, usualmente utilizamos no pavimento térreo um contrapiso em concreto.

No caso de mais pavimentos, as lajes de piso ou plataformas de pisos mezaninos dos pavimentos superiores são executadas na maioria das vezes através de placas de OSB conforme FIG. 8.

Estas placas são instaladas sobre as vigas de madeira de alta resistência, que são projetadas para vencer grandes vãos livres e suportar grandes cargas, assim dando origem a uma estrutura mais leve e com grande resistência se comparada às lajes em concreto armado utilizada em construções de alvenaria convencional.

Estas placas utilizadas com piso aceitam vários tipos de acabamento em sua superfície como carpete, laminados de madeira, tábuas corridas, assoalho entre outros. (STEEL..., 2010).

Outra opção é a utilização de assoalho aplainado em macho e fêmea, onde as tábuas de madeira são fixadas diretamente sobre uma estrutura de barrotes, que nada mais é que vigas de madeira dispostas em duas direções (FIG. 9)

⁶http://www.usp.br/nutau/madeira/paginas/parede/fechamento_externo.htm

Figura 8 - Piso em placas de OSB



Fonte: Página da empresa *LP Building Products*⁷.

Figura 9 - Piso de assoalho aplainado em macho e fêmea.



Fonte: *Construção em Madeira, Sistema Plataforma* – Página da USP⁸.

As lajes de forro são aquelas utilizadas apenas para isolamento e acabamento, ou seja, não recebem cargas consideráveis, logo não representam papel estrutural no imóvel. Nas construções em madeira, torna-se viável a utilização de forros em madeira.

⁷<http://www.lpbrasil.com.br/aplicacoes/>

⁸<http://www.usp.br/nutau/madeira/paginas/piso/contrapiso.htm>

As madeiras mais utilizadas para este elemento são dos tipos Angelim, Champanhe, Cedros, Pinnus e Tatajuba, este forro é instalado sobre vigas de madeira, como no caso das lajes de piso, porém neste caso as vigas de madeira possuem dimensões menores devido à carga que deverá suportar ser menor que no caso de lajes de piso (FIG. 10).

Figura 10 - Forro de madeira.



Fonte: Página da empresa Belas Artes Telhados e Coberturas ⁹.

3.5.7 Coberturas

A cobertura deverá ser projetada com objetivo de receber e suportar qualquer tipo de telha, como, cerâmicas, metálicas, fibrocimento, *shingle* ou em alguns casos utilizam até mesmo placas de OSB. Porém é necessário salientar que para cada tipo de telhado deverá ser levado em consideração na execução suas características.

Os telhados executados com telhas fibrocimento (FIG. 11) e metálicas (FIG. 12) são leves podendo com isso vencer grandes vãos, e possuem uma maior rapidez na sua montagem, em razão destes fatores proporciona uma economia no madeiramento. Os telhados fibrocimentos podem ser encontradas no mercado de vários formatos e modelos, é viável que seja aplicado tintas que melhorem sua estética e aumentem seu isolamento térmico. Os telhados metálicos serão preenchidos por material isolante que irá conferir a ele características isolantes tanto térmicas quanto acústicas.

⁹ http://www.belasartestelhados.com.br/index.php?pr=Forros_de_Madeira

Figura 11 - Telhado Fibrocimento



Fonte: Página da empresa A Telhanova Telhados¹⁰.

Figura 12 – Telhado Metálico



Fonte: Telhados.srv.br – Repositório Digital ¹¹.

As telhas cerâmicas por sua vez necessitam de um uma manta que irá conferir isolamento hidrófugo apoiado em algum substrato (OBS ou forro de madeira) que por sua vez será apoiado sobre as estruturas de madeira (FIG. 13).

¹⁰<http://www.atelhanova.com.br/telhas-fibrocimento.php>

¹¹<http://www.telhados.srv.br/telha-sanduiche/>

Figura 13 - Telhado Cerâmico



Fonte: Página da empresa A Telhanova Telhados¹².

Os telhados denominados *Shingle*, também conhecido no Brasil por telhado americano, são muito utilizados em casas de madeira no Canadá e Estados Unidos, é um sistema de cobertura que proporciona beleza, estanqueidade, leveza e durabilidade ao telhado (FIG. 14).

Uma de suas vantagens é o fato de serem muito flexíveis se adaptando perfeitamente a qualquer estrutura, recortadas, plana ou arredondada, possuem fácil instalação e dispensam peça para acabamentos nas uniões entre as águas do telhado.

A telha Shingle é cerca de 4 vezes mais leve se comparada a outros tipos de telhas e conta com mais resistência mecânica.

Figura 14 - Telhado *Shingle*



Fonte: Página da empresa Madeiras Eukaliptos Ecológicas¹³.

¹²<http://www.atelhanova.com.br/telhas-ceramica.php>

¹³ <http://eukaliptos.com.br/produto/brasilit/telha-shingle-xt-25-ar>

3.5.8 Acabamento

Define-se como acabamento o arremate das estruturas e ambientes, externos e internos de uma edificação, este acabamento pode ser feito com diversos tipos de revestimentos, como, peças cerâmicas, pintura, laminados, papel de parede, entre outros.

Em construções de madeiras os painéis de fechamento OSB permitem aplicação de pintura ou verniz, é recomendada a utilização de tintas à base de solvente, como esmalte sintético, automotiva e a óleo, não é recomendado o uso de tinta látex PVA.

Nos casos em que os painéis OSB são utilizados como pisos, podem receber revestimento cerâmico, assoalho, laminados de madeira, tábua corrida, carpete e outros.

Em caso de fechamento através de tábuas é recomendável a utilização de verniz que irá proteger a madeira de ações do sol e de chuva, aumentando assim a vida útil das peças além de melhorar sua estética.

3.5.9 Ambientes molhados

Ambientes molhadas são as áreas da edificação cuja condição de uso e exposição possa resultar na formação de lamina d'água pelo uso normal a que este ambiente está destinado, como banheiros, cozinha e área de serviço.

Em casas de madeira é recomendável a edificação destas áreas em estrutura de concreto armado e fechamento em alvenaria de tijolos cerâmicos (FIG. 15), pois a madeira exposta diariamente a umidade reduz consideravelmente a sua vida útil.

A presença de água aumenta o teor de umidade da madeira, fazendo com que ela sofra dilatação, além de acelerar seu processo de deterioração.

A umidade em conjunto com o calor proporciona o surgimento de microrganismos e a ação de insetos que pode ser considerado um grande vilão quando se trata de estruturas de madeira.

Logo a utilização de concreto armado e alvenaria convencional nas áreas molhadas, devidamente impermeabilizadas e protegidas, irão contribuir para que não apareçam patologias e aumentará a vida útil da edificação.

Figura 15 - Casa mista de madeira com áreas molhadas em alvenaria convencional.



Fonte: Página da construtora Precasa de Belo Horizonte¹⁴

¹⁴<http://precasa.com.br/>

4 METODOLOGIA

Os procedimentos a serem utilizados para descrever os materiais e métodos propostos neste trabalho, foram verificados através de projeto, estudos comprovados através de relatórios fotográficos e contato com a empresa executora do projeto, analisando todas as etapas construtivas da obra, objeto do estudo de caso.

Foram elas, preparação do terreno para receber a edificação, tipo e execução da fundação, impermeabilização, escolha e execução da estrutura, fechamento, cobertura e acabamento.

Assim permitindo que sejam descritos todos materiais utilizados nesta obra e métodos de execução, a fim de cumprir os objetivos propostos para este trabalho.

4.1 Preparação do terreno e locação da obra

O primeiro passo foi à preparação do terreno de aproximadamente 2500 m² localizado no município de Arcos (FIG.16), este não havia muito desnível e irregularidades, por opção do proprietário não foi nivelado através de aterro ou corte para vencer a pequena irregularidade onde a construção foi locada.

Como alternativa seria executada sobre a fundação uma alvenaria de embasamento em blocos de concreto, fazendo com que parte da obra ficasse em uma parte elevada com finalidade estética e por questões de segurança, por se tratar de um imóvel afastado do centro urbano o nível mais elevado da residência serve para evitar a entrada de animais.

Por não haver árvores ou grandes arbustos foi necessário apenas o desmatamento mecanizado.

Todo este processo de limpeza foi realizado através de um trator de pneus traçados com uma lâmina "*bulldozer*" acoplada.

Após toda preparação e limpeza do terreno foi então dado início a locação da obra, onde foi feita a marcação com ripas de madeira e assinalaram no terreno a posição da obra conforme projeto: posição das escavações de fundação, valas e alvenaria de embasamento, conforme FIG. 17.

Figura 16 - Preparação do terreno



Fonte: Acervo do autor (2008).

Figura 17 - Locação da obra.



Fonte: acervo do autor (2008).

4.2 Fundação

No estudo de caso demonstrado, por não ter sido realizado nenhum ensaio prévio para avaliar as condições do terreno, optaram pela fundação em estacas escavadas através de trado manual e viga baldrame.

Como qualquer edificação em alvenaria convencional, primeiro foi realizada a abertura das valas para execução da viga baldrame e logo após iniciou a escavação através de trado

manual das estacas, estas possuíam entre 2 a 3 metros de altura e 20 cm de diâmetro. Nas valas foi espalhada uma pequena camada de brita para que não houvesse contato da armadura com o solo (FIG. 18), evitando possíveis patologias, então foi colocada a armadura das vigas baldrame e colocada nas estacas as armaduras de ancoragem que receberiam os pilares da alvenaria de embasamento.

Após colocação de armaduras e verificação foi dado início ao lançamento de concreto confeccionado “in loco” através de betoneira (FIG. 19), resultando na finalização da execução das estacas e das vigas baldrame que receberiam a alvenaria de embasamento.

Só após estas etapas foi possível dar início a alvenaria de embasamento a fim de regularizar o nível e ser utilizada como contenção para o aterro onde seria iniciada a execução da laje de piso. Para execução desta foram utilizados blocos de concreto (19x19x39cm) preenchidos com concreto não estrutural.

Logo após sua execução foram executadas sobre esta alvenaria de embasamento, vigas de dimensões 20 x 20 cm, com a finalidade de travamento desta alvenaria e também de transmitir as cargas das paredes de vedação para os pilares, que foram concretados juntamente com estas vigas (FIG. 20).

Figura 18 - Execução da fundação.



Fonte: Acervo do autor (2008)

Figura 19 – Lançamento do concreto da fundação.



Fonte: Acervo do autor (2008)

Figura 20 – Alvenaria de embasamento



Fonte: Acervo do autor (2008).

4.3 Aterro e apiloamento

A próxima etapa da obra se deu pela realização do aterro contido pela alvenaria de embasamento para receber o contrapiso. Com intuito de reduzir os custos da obra o cliente optou por não comprar a terra para o aterro, então foi aproveitado todo material retirado da escavação para instalação de uma piscina, após realizada a escavação e o transporte da terra

para a obra, deu início ao apiloamento através de um compactador à percussão, popularmente conhecido por “sapo”, conforme FIG. 21.

Foi necessária bastante atenção nesta etapa a fim de se obter um solo mais compacto, com menos porosidade e parcialmente nivelado para facilitar a execução, nivelamento do contrapiso que seria executado sobre ele e evitando que possa acarretar patologia na mesma em decorrência de recalque em partes deste aterro.

Figura 21 - Aterro e apiloamento



Fonte: Acervo do autor (2008).

4.4 Contrapiso

Com o aterro executado e compactado, regularizando o nível na qual ficaria o imóvel, deu-se início a execução do contrapiso, este receberia apenas a argamassa de regularização e o piso cerâmico.

Primeiramente foi espalhada uma fina camada de pedra britada com aproximadamente 5 cm de espessura, com a finalidade de drenar a água ascendente do solo. Posteriormente iniciou-se a concretagem do contrapiso de aproximadamente 5 cm de espessura em concreto feito “in loco”, foi espalhado manualmente e nivelada através de sarrafo de madeira, (FIG. 22), deixando apenas as esperas para ancoragem dos pilares que seriam executados em concreto armado nos ambientes molhados como cozinha, área de serviço e banheiros.

Figura 22 - Execução do contrapiso.



Fonte: Acervo do autor (2008)

4.5 Supra Estrutura e Paredes

Na obra estudada a supra estrutura e as paredes foram executadas em duas tipologias distintas madeira e alvenaria convencional com estrutura em concreto armado, ou seja, as áreas secas e as áreas molhadas (cozinha, área de serviço e banheiros), foram edificadas respectivamente.

4.5.1 Estrutura e paredes das áreas molhadas

Nos ambientes considerados como áreas molhadas como cozinha, área de serviço e banheiros, toda parte estrutural fora feita através de pilares e vigas em concreto armado e todo fechamento em tijolo cerâmico furado com 15 cm de espessura (FIG.23), segundo o engenheiro responsável pelo projeto foi adotada essa espessura tanto em paredes internas quanto externas, contribuindo também para reduzir o peso total da edificação sobre as fundações e o solo. Devido à madeira do pavimento superior não apresentar cargas muito altas, foram projetados poucos pilares em concreto armado nestes ambientes.

Não foram utilizadas peças de madeira nestas áreas a fim de evitar a ocorrência de patologias em decorrer da fragilidade da madeira em contato com umidade frequente e também reduzir a periodicidade de manutenção desta madeira, pois quando exposta com alta frequência a umidade, logo sua manutenção e tratamento deverão acontecer mais vezes.

Figura 23 – Estrutura em concreto e alvenaria convencional



Fonte: Acervo do autor (2008)

4.5.2 Estrutura e paredes dos ambientes secos

Já em todo restante da edificação, composta por dormitórios, salas e hall de circulação, toda estrutura foi executada em montantes de madeira do tipo Maçaranduba, com seção transversal de 10x10 cm e 13x13 cm (FIG. 24), estes montantes possuem pequenas ranhuras em suas extremidades para que seja feito o encaixe das peças que constituíram as paredes de fechamento.

A ancoragem entre estes montantes verticais e a laje de piso em concreto, foi realizada através de um pino metálico de aproximadamente 20 cm, onde 10 cm eram inseridos no concreto através de uma perfuração e utilização de cola epóxi e 10 cm eram inseridos em um orifício localizado na parte inferior do montante vertical. Assim não era possível que ele se deslocasse horizontalmente sobre a laje, e através do fechamento em madeira horizontal entre estes pilares de madeira se realizava também um travamento entre a estrutura, impossibilitando que este pudesse girar em torno de seu eixo, garantindo assim uma estabilidade desta estrutura.

As paredes de fechamento foram constituídas por tábuas horizontais de madeira, estas possuíam encaixe macho e fêmea, o que facilita e agiliza a sua instalação, evitando também a utilização de conectores como pregos e parafusos, estas peças possuíam dimensões de 4 cm de espessura por 14 cm de altura, fechando todos os vãos entre pilares e vigas (FIG. 25).

Figura 24 – Montantes verticais (pilares)



Fonte: Acervo do autor (2008)

Para a construção de cada viga foi utilizado 2 perfis em madeira também da espécie Maçaranduba com dimensões de 5x15 cm, estas foram fixadas nos montantes verticais (pilares) de madeira através de uma extensão de menor dimensão em sua extremidade superior, a fixação foi realizada com 4 pregos do tipo ardox, 2 para cada perfil fixado a extensão do pilar, conforme FIG. 26 e 27.

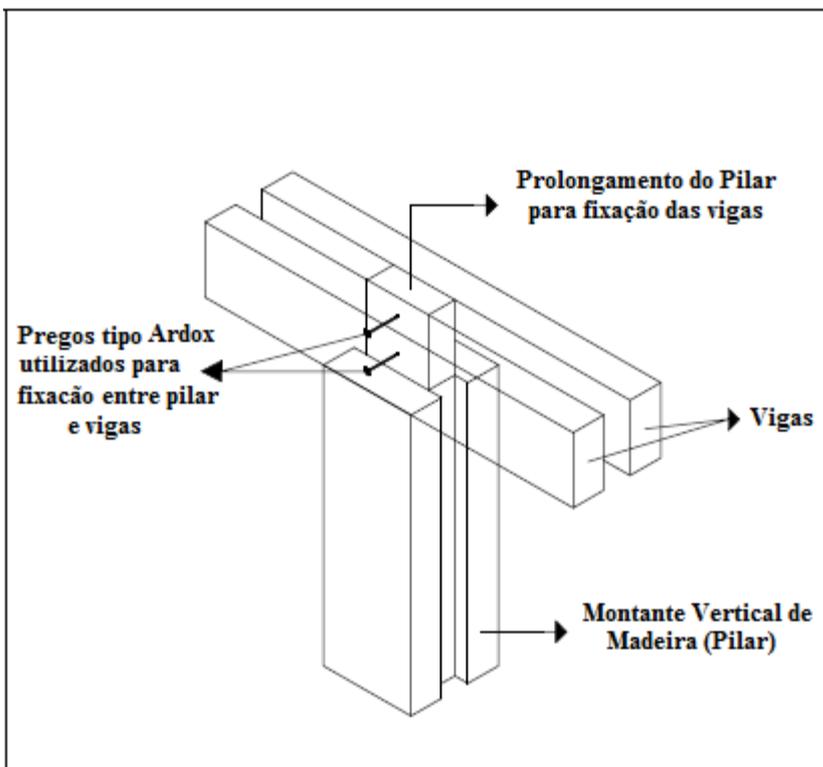
É importante salientar que todas as peças em madeira utilizadas eram pré-moldadas, chegando na obra com as dimensões especificadas no projeto prontas para instalação, reduzindo drasticamente o desperdício de material e tempo de execução, tendo em vista que foram feitas poucas adaptações.

Figura 25 – Tábuas de madeira (paredes)



Fonte: Acervo do autor (2008)

Figura 26 – Conexão entre vigas e pilares



Fonte: Acervo do autor (2015)

Figura 27 – Conexão entre vigas e pilares



Fonte: Acervo do autor (2008)

4.6 Laje de piso

Apenas nos banheiros do 1º pavimento a laje foi feita em concreto armado, no restante deste pavimento, toda a laje para receber o conjunto de peças (barrotes) que dão suporte ao piso foi feita através de uma estrutura em vigas de madeira.

Conforme FIG. 28 podemos observar que foram dispostas em duas direções vigas compostas por duas peças de madeira com 4 cm de espessura por 40 cm de altura unidas através de parafusos, esta utilização de vigas compostas foi projetada a fim de reforçar a estrutura e aumentar os vãos entre elas. A ligação com o pilar de madeira era feita através de entalhes e reforçadas com pregos.

Sobre estas vigas foram apoiadas novas vigas de menor dimensão (barrotes) em direção perpendicular a estas (FIG. 29).

Estas vigas foram dispostas a cada 60 cm, para evitar qualquer deslocamento, utilizou-se prego para fixá-las as vigas de apoio. Esta nova estrutura, também conhecida por “barroteamento” tem como finalidade receber o piso, que neste caso foi feito em peças de madeira com encaixe macho-fêmea de dimensões 10 cm de espessura por 2 cm de altura (FIG. 30).

Figura 28 – Vigas em madeira para laje de piso



Fonte: Acervo do autor (2008).

Figura 29 – Barrotes de madeira



Fonte: Acervo do autor (2008)

Figura 30 – Piso de madeira



Fonte: Acervo do autor (2008).

4.7 Cobertura

O proprietário optou pelo telhado do tipo colonial, devido a sua estética e melhor desempenho térmico.

Para o recebimento e distribuição de carga do telhado, foi construída uma estrutura em madeira, composta por vigas de madeira apoiadas diretamente sobre os pilares, sobre estas vigas foram dispostos os caibros, todas estas peças foram fixadas entre si através de pregos de aço galvanizado (FIG. 31).

Sobre os caibros antes de receber as ripas, foi instalada uma manta de subcobertura feita de alumínio especial que ofereceu para a edificação impermeabilização e isolamento termo acústica, conforme mostra FIG. 32.

Então foi colocada as ripas de madeira que receberam as telhas cerâmicas (FIG.33).

Após toda a instalação do telhado cerâmico foi colocado como complemento, calhas de chapa em aço galvanizado a fim de controlar o escoamento de água sobre o telhado até o solo, evitando também possíveis infiltrações.

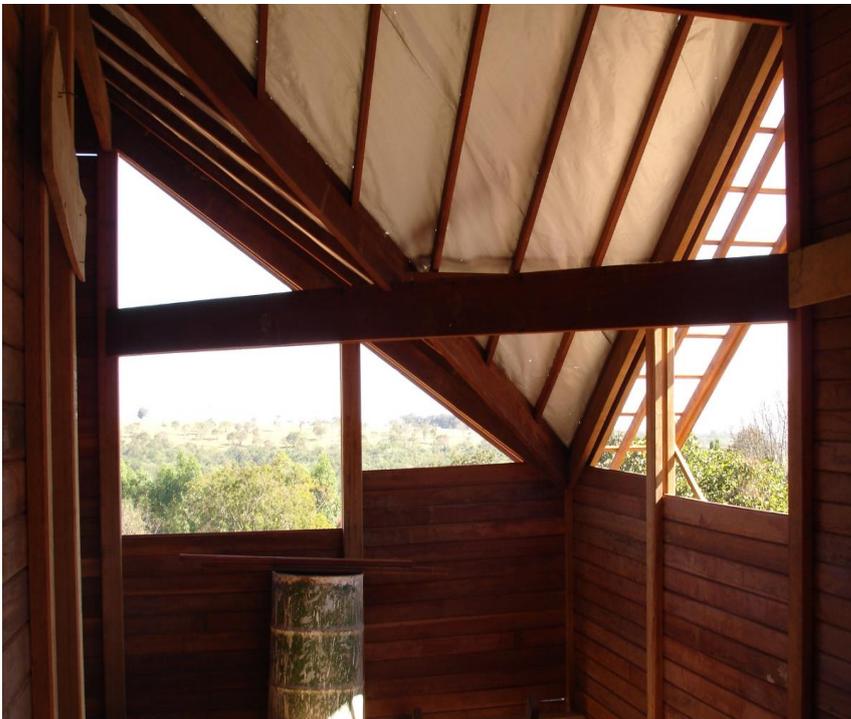
Com toda a instalação pronta foi feita uma conferência para verificar se não houve nenhuma falha ou espaços vazios neste telhado, evitando assim futuras infiltrações.

Figura 31 - Estrutura em madeira para receber o telhado



Fonte: Acervo do autor (2008)

Figura 32 – Manta de subcobertura



Fonte: Acervo do autor (2008)

Figura 33 – Telhado Colonial



Fonte: Acervo do autor (2008)

4.8 Instalações Elétricas e Hidráulicas

As instalações elétricas em todos ambientes revestidos de madeira foram feitas de maneira não tão convencional, na maioria das construções em *Light Wood-frame* estas são realizadas através de furos nos montantes verticais onde é feita a passagem de todos os eletrodutos que seriam tampados através das placas internas de OSB, buscando agilidade nestas instalações. Na obra estudada, por não haver utilização de placas de OSB e sim peças maciças de vedação, estas instalações foram feitas de maneira diferente.

Nas lajes foram utilizados eletrodutos flexíveis de PVC entre as vigas e os barrotes, fixados através de presilhas e pregos nas vigas, estes seriam tampados pelo forro de madeira a ser aplicado, deixando apenas os terminais dos cabos à mostra para instalação das lâmpadas e luminárias, pois seria instalado um forro na parte inferior das vigas a fim de vedar estas instalações e dar acabamento (FIG. 34).

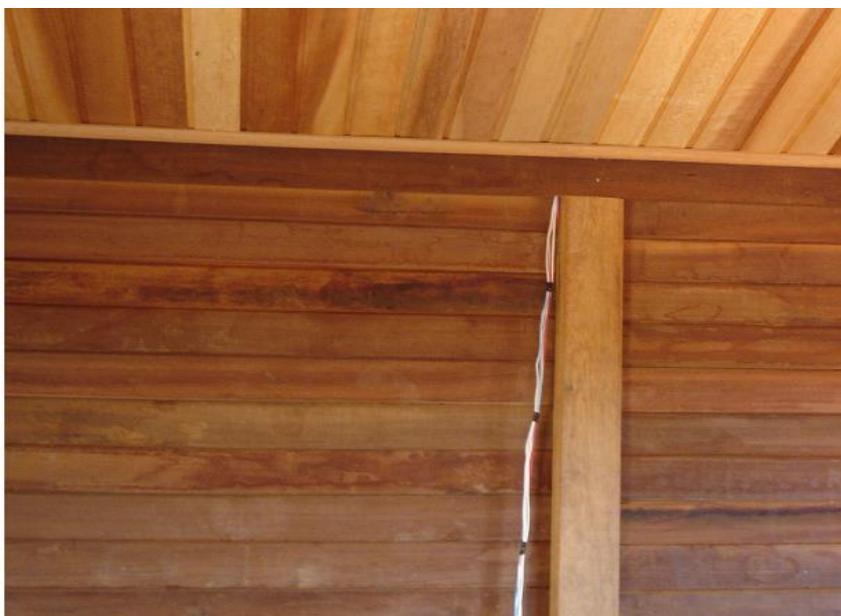
Já para as tomadas e pontos de TV a metodologia utilizada foi à instalação dos condutores elétricos paralelo e rente aos montantes de madeira, onde posteriormente foram revestidos por uma caneleta de madeira de pequena espessura, conforme mostra a FIG. 35, assim obteve proteção dos fios sem que esta prejudicasse a estética da edificação.

Figura 34 – Eletrodutos e caixas de passagem



Fonte: Acervo do autor (2008)

Figura 35 – Disposição de fios para tomadas



Fonte: Acervo do autor (2008)

Toda a fiação foi instalada e dimensionada respeitando os critérios de cores e dimensões estabelecidos pela NBR 5410:2004.

Nos ambientes construídos em alvenaria convencional tanto a parte elétrica e hidráulica foram feitas da forma usual, através da colocação de eletrodutos e caixas elétricas

antes da concretagem das lajes e recortes nas paredes para passagem dos eletrodutos e da tubulação (FIG. 36). Toda parte hidráulica foi feita através de tubos de PVC e cobre, tendo em vista que a edificação iria dispor de aquecimento solar.

Figura 36 – Instalação da tubulação de PVC no banheiro



Fonte: Acervo do autor (2008)

4.9 Acabamento

Foram utilizados diferentes materiais para compor o acabamento e os detalhes da edificação, nos ambientes que estariam expostos a umidade todas suas paredes foram revestidas com azulejo cerâmico de resistência PEI 2 na cor branca até o teto (FIG. 37), além de função estética eles proporcionam maior facilidade para limpeza destes ambientes.

Todos os ambientes internos, incluindo as áreas molhadas, receberam como acabamento do teto o forro de madeira, este foi instalado a 3 metros de altura em toda residência, exceto a cozinha que ficou em 2,8 metros, conforme FIG. 38, tampando parte da estrutura do pavimento superior, estrutura do telhado bem como componentes elétricos e hidráulicos.

Outro fator que contribuiu para escolha deste foi o fato da madeira apresentar isolamento térmico, apresentando maior conforto para os moradores, aliada ao modelo estético da edificação. Em alguns pontos específicos foi necessário fazer adaptações nas peças do forro, foram executados pequenos furos para a passagem dos fios dos pontos de luz,

quando estes não coincidiam com as vigas. Somente não utilizou forro de madeira nas varandas, deixando a estrutura do telhado visível.

Figura 37 – Cozinha revestida de azulejo até o teto



Fonte: Acervo do autor (2008)

Figura 38 – Forro de madeira



Fonte: Acervo do autor (2008).

O piso utilizado na sala, cozinha, banheiros e área de serviço foram do tipo cerâmico na cor branca como os azulejos e com superfície lisa (FIG. 39), com dimensões de 30x40 cm ou 41x41 cm, mesmo que não houvesse alto tráfego frequente nesta edificação, foi optado por um piso de resistência PEI 4, a fim de evitar que ocorra patologias a curto prazo, diminuindo a periodicidade da manutenção deste.

Nos ambientes externos foram utilizados também pisos cerâmico de resistência PEI 4, porém com a superfície áspera para evitar que ficasse escorregadio em razão de chuvas e limpezas.

Por questões estéticas na sala do térreo, em uma faixa de 30 cm de largura paralela as paredes em toda sua extremidade, não foi executado o contrapiso nem assentado pisos cerâmicos, optou-se pela utilização de pisos laminados de madeira. O piso foi fixado sobre barrotes dispostos perpendicularmente ao seu sentido, com espaçamento de 60 cm entre eles, conforme FIG. 40 e 41.

Em todos os dormitórios e na sala de TV do pavimento superior, foi utilizado o piso laminado de madeira, composto por tábuas com encaixe macho fêmea, dispostas sobre a estrutura de barrotes colocada previamente. Após o assentamento deste piso foi aplicado o sinteco, resina transparente, com finalidade de dar brilho, melhorando esteticamente o piso em madeira e garantindo maior durabilidade.

Após a fixação e encaixe deste piso, foi aplicado sobre ele verniz, aumentando sua durabilidade e oferecendo um melhor acabamento para o piso.

Nas paredes de tijolo cerâmico, na parte externa foi aplicado selador acrílico e tinta acrílica, por estar em constante contato com intempéries, aumentando assim a sua durabilidade, nas internas foi aplicado apenas a tinta látex PVA (Acetato de Polivinila).

No restante da edificação tanto na parte interna quanto na externa, foi aplicado verniz em todas as paredes, pilares e vigas de madeira, além de aumentar sua durabilidade, resistindo contra ações biológicas, também proporcionou um melhor acabamento dando brilho à peça.

Figura 39 – Piso cerâmico na cozinha



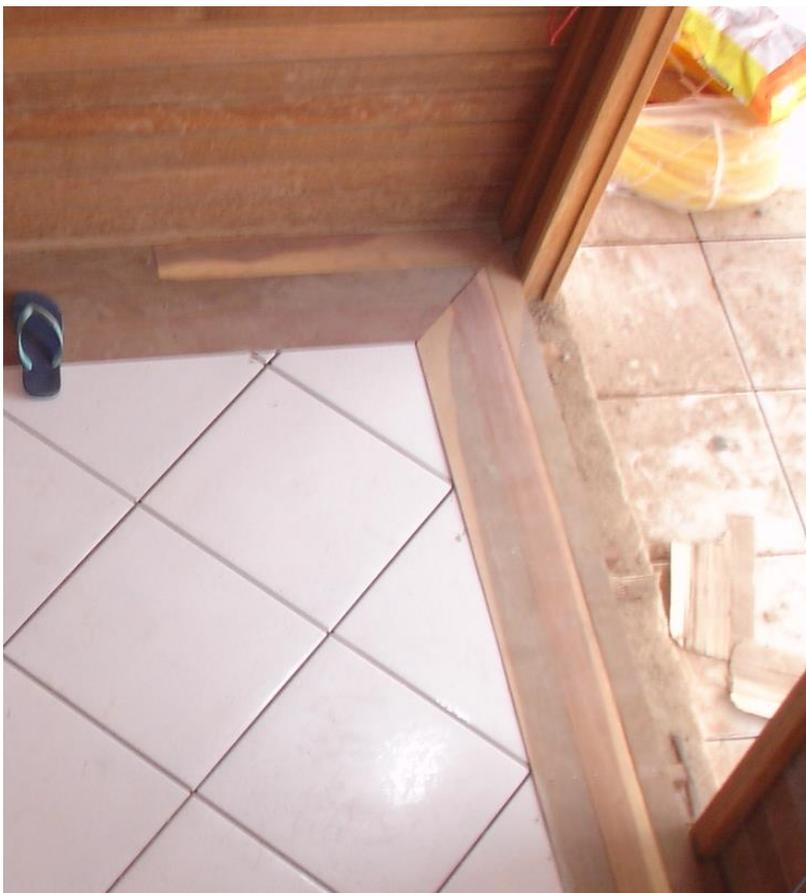
Fonte: Acervo do autor (2008).

Figura 40 – Estrutura para receber Piso de madeira na sala



Fonte: Acervo do autor (2008).

Figura 41 – Detalhe de piso laminado na sala



Fonte: Acervo do autor (2008)

4.10 Esquadrias

Em toda edificação as portas externas e janelas foram feitas em esquadrias de madeira com vidros, além da peça em madeira com vidros, foram instaladas também venezianas na parte externa evitando assim a incidência de sol direto na parte interna do ambiente e garantindo ventilação conforme FIG. 42 e FIG. 43. Sobre as janelas foram executadas vergas em madeira conectada a dois pilares para maior segurança e durabilidade da estrutura.

Apenas no vão da escada foi utilizado vidro temperado sem esquadria em madeira para iluminação.

As portas internas foram em prancheta de madeira da espécie Angelim Pedra. Optou-se por utilizar o máximo de madeira em portas e janelas a fim de manter a estética da casa.

Figura 42 – Janela em esquadria de madeira



Fonte: Acervo do Autor (2008).

Figura 43 – Porta em esquadria de madeira



Fonte: Acervo o Autor (2008).

4.11 Conclusão e entrega da obra

A obra foi toda executada e entregue por uma empresa de médio porte da área de construção civil em madeira da cidade de Belo Horizonte, responsável pela projeto e

execução, no fim de setembro do ano de 2008, cumprindo assim o prazo de 4 meses conforme previamente convencionado em contrato entre as partes. O imóvel foi entregue atendendo aos padrões de habitabilidade (FIG 44).

Figura 44 – Obra concluída.



Fonte: Acervo do autor (2008).

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Em razão de visitas na edificação, análise do relatório fotográfico de todas suas etapas, bem como entrevistas com proprietário e construtor, foi possível identificar vantagens e desvantagens do sistema em relação ao método mais utilizado de edificações em alvenaria convencional com estrutura em concreto armado.

As construções *Light Wood-frame* são classificadas como construção energitêmica sustentável (CES), no que se trata de sustentabilidade foi obtido um resultado positivo nesta comparação, por substituir grande parte de materiais como fôrmas de madeira que seriam descartadas após sua utilização, cimento, cal e aço, houve grande redução dos impactos ambientais gerado por estes, tendo em vista que a madeira, se tratando de reflorestamento, se torna um material renovável que não emite poluentes para a atmosfera, desde seu plantio até o corte, a produção deste material tem apenas a contribuir para natureza em comparação a outros que geram bastante impacto desde a sua produção na qual é necessário o uso de matéria prima não renovável, ou seja, que não poderá ser substituída na natureza e emissão de poluentes, até sua preparação “in-loco”, com a geração de resíduos que na maioria das vezes será depositado em locais inadequados. Podemos apontar também como grande vantagem sustentável a redução do consumo de água nestas construções, apontada até mesmo como construção seca.

Podemos observar como grande vantagem tanto no quesito sustentabilidade, quanto economia, o fato de ser um sistema industrializado, assim a maioria da edificação é feita com a utilização de peças de madeira pré-moldadas, que chegam ao canteiro com dimensões especificadas em projeto, estas são produzidas em indústrias obedecendo as normas estabelecidas pela ABNT, e também pelo fato que devem ser instaladas com mão de obra qualificada para este serviço, assim é possível visualizar claramente a redução de entulhos e desperdício no canteiro de obra, como exemplo a obra analisada, foram necessários poucos ajustes e adaptações nas peças, assim é possível obter quase um total aproveitamento dos materiais utilizados.

Em construções convencionais a taxa de entulho em um canteiro de obra pode chegar a 30%, incluindo restos de tijolos cerâmicos, blocos de concreto, fôrmas de madeira, perda de concreto, cortes em aços que não são aproveitados, entre diversos outros. Já na edificação de madeira o desperdício ou perda de materiais, variam de 1 a 10%, está variação se dá de acordo com gestão e planejamento da obra, porém na pior das hipóteses se comparado ao convencional ainda é bastante atraente neste sentido.

Se analisarmos a relação entre resistência mecânica e densidade da estrutura o sistema leva grande vantagem sobre o concreto armado e até mesmo o aço, podemos citar como exemplo uma viga de 3 metros de comprimento destes materiais a fim de resistir uma carga de aproximadamente 20 toneladas, uma viga simples em madeira da espécie pinho vermelho terá o peso de 60 kg, a de aço laminado 80 kg e de concreto armado 300 kg. Através deste exemplo é possível concluir que se for levado em conta toda a estrutura destes três tipos de métodos construtivos, a construção em madeira irá possuir um peso próprio bem menor que as outras, possibilitando a execução da estrutura com peças de menor dimensão bem como uma fundação de menor custo.

Atualmente na indústria da construção civil muito se preocupa com a questão dos prazos de entrega de obras, a construção objeto do estudo de caso teve início em maio de 2008 e término no fim de setembro de 2008, foram aproximadamente 4 meses desde o início da fundação até a entrega, cerca de 90 dias trabalhados, se considerarmos que esta contou com uma equipe relativamente pequena, de no máximo 6 funcionários, podemos considerar que está teve um prazo satisfatório, a obra possui 220,00 m² de área construída, mesmo contando com alguns imprevistos, a média foi de 2,5 m² de área construída por dia, média superior que a média nacional da construção convencional que chega a 1,5 m², porém se falarmos em construções neste sistema em larga escala, contando com uma equipe maior, a média pode chegar a 5 m² de construção por dia. Esta relação comprova que este sistema se comparado ao de alvenaria convencional também possui grande vantagem no prazo, essa produtividade acelerada impacta diretamente nos custos da edificação, uma obra entregue em curto prazo gera menos custos com mão de obra, equipamentos e ferramentas.

Por outro lado, temos como desvantagem uma alta frequência com que esta edificação passa por manutenções, por ser quase toda realizada com peças de madeira, deve possuir maior atenção quanto ao princípio de patologias e segundo orientação da construtora responsável pela edificação estudada são necessárias manutenções preventivas a cada três anos. Mesmo sendo uma manutenção mais simples se comparada a de um imóvel em alvenaria, ela se torna mais cara em razão do curto prazo entre elas. Podemos considerá-la como uma manutenção simples, na manutenção preventiva é realizada apenas a aplicação de verniz em todas as partes de madeira e quando necessário, nova demão de tinta nas paredes executadas em alvenaria, e nos casos de manutenção corretiva, como se trata de um sistema composto pelo encaixe de várias peças é feito apenas a substituição de peças com patologias, caso haja vazamentos, infiltrações e problemas elétricos, então são retiradas apenas as peças que dão acesso a parte causadora do defeito, facilitando a solução do problema.

Em relação ao custo total da obra foi possível obter um orçamento do preço desta edificação atualmente na cidade de Arcos, junto a uma empresa de médio porte da construção civil em madeira, localizada em Belo Horizonte, executora do projeto e fornecedora dos kits de madeira, este modelo de edificação passou por uma pequena alteração pela empresa, onde sua área construída foi reduzida para 165,88 m².

Atualmente toda edificação teria um custo de aproximadamente R\$ 277.619,15, isto incluindo todo o material, mão de obra, ajustes no terreno e impostos. Logo o preço por m² está em torno de R\$ 1.673,61, se compararmos ao preço da alvenaria na região sudeste, onde o Custo Unitário Básico da Construção (CUB) informado pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção no mês de setembro de 2015, indica uma média de R\$ 1.143,19, podemos observar que economicamente falando não se torna viável a construção em madeira, logo sendo uma desvantagem em relação a construção convencional.

Porém é necessário analisar que atualmente na região onde a obra foi executada existem poucas empresas que trabalham na área da construção em madeira, pouca mão de obra qualificada e em consequência a isto as peças de madeira industrializada para estas edificações não são produzidas em larga escalas, se este modelo de sistema estrutural se tornasse cada vez mais frequente em nossa região ao longo do tempo haveria maior oferta, maior produtividade, assim os custos poderiam se tornar mais acessíveis e se comparar aos custos das edificações em alvenaria convencional, tendo em vista que a diferença não é tão exagerada.

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi abordada a viabilidade do sistema construtivo *Light Wood-frame*, sistema este que possibilita a substituição de grande volume de concreto armado e tijolos cerâmicos por peças de madeira. A escolha deste tema se deu ao fato de que devemos buscar e incluir em nossos padrões construtivos, através de avanços tecnológicos em sistemas já existentes, inclusão de novos métodos construtivos não tão usuais em nossa região e utilização de novos materiais na construção civil, buscando cada vez mais satisfazer a necessidade da sociedade, cumprindo fatores como segurança, conforto, economia, durabilidade, agilidade nas construções e maior sustentabilidade, assim continuaremos avançando nesta área sem que as gerações futuras sejam afetadas pela utilização irracional de bens que são de fundamental importância para a vida.

Através dos resultados obtidos foi possível verificar a viabilidade deste sistema em relação as construções em alvenaria convencional em diversos quesitos, como sustentabilidade, conforto térmico, acústico e agilidade na execução de projetos.

Em relação a sustentabilidade em meio as constantes crises hídricas no Brasil, este modelo se torna uma alternativa extremamente viável, tendo em vista que esta construção exige uma quantidade drasticamente menor de utilização de água em relação as estruturas de concreto armado. Bem como a utilização de madeira de reflorestamento, considerada renovável, evitando assim o esgotamento de recursos naturais que atualmente são utilizados em grande escala na construção civil, preservando o nosso meio ambiente.

Somente no que se diz respeito à economia é que não se obteve bons resultados, pois mesmo havendo quase total aproveitamento dos materiais, este ainda se torna economicamente inviável se comparado a outros métodos construtivos utilizados atualmente na região, pois o preço do sistema *light wood-frame* por metro quadrado é mais alto que o da alvenaria convencional, possivelmente isto acontece pelo fato de não ser um sistema tão difundido atualmente em Arcos e região, logo são poucas empresas que possuem mão de obra qualificada e materiais para execução destas construções, o fato da oferta ser pequena e não haver tanta concorrência, permite que este sistema construtivo tenha um preço relativamente mais alto.

Porém a cada dia que construções de madeira se tornarem mais comuns em nossa região, a tendência será um preço menor e maior acessibilidade deste sistema construtivo a maioria da população.

É de suma importância que o Engenheiro Civil busque cada vez mais avanços nos métodos construtivos, com objetivo de continuar inovando nossas edificações satisfazendo todas as necessidades da sociedade e se preocupando também com a sustentabilidade, para que possamos continuar evoluindo sem colocar em risco os recursos necessários para as futuras gerações.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ALVES, V.S.A.; MENDES, A.S.. **A degradação da madeira e sua preservação**. 1. ed. Brasília, 1988.

ANDERSON, L.O. **Wood-Frame House Construction**. 2. ed. Washington: U.S. Department of Agriculture, 1975.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projetos de estruturas de concreto – Procedimento**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro, 1997.

BRASIL. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Custo Unitário Básico de Construção por m²**. Brasília, DF, 2015.

CONSTRUÇÃO em Madeira: Sistema Plataforma. Disponível em: <<http://www.usp.br/nutau/madeira/paginas/introducao/introducao.htm>>. Acesso em: 20 maio 2015.

DESENVOLVIMENTO de Tecnologia Wood Frame para Habitações de Interesse Social. Disponível em: <<http://www.cbic.org.br/premioinovacaoesustentabilidade/baixar6.php?file=DESENVOLVIMENTO%20DE%20TECNOLOGIA%20WOOD%20FRAME%20PARA%20HABITA%C3%87%20C3%95ES%20DE%20INTERESSE%20SOCIAL.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2015.

FARIA, M. **Panorama da geração de resíduos da Construção Civil em Belo Horizonte: medidas de minimização com base em projeto e planejamento de obras**. 2006, 89 p. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação (Obtenção de título de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos)-Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

FRANCISCA, M.; BEZERRA, R. **Sistemas estruturais de edificações e exemplos**. 2008. 93 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

IELPO, E. N. **A Sustentabilidade das Edificações de Madeira**. Disponível em: <<http://madeirambiente.com.br/sustentabilidade-edificacoes-madeira/>>. Acesso em: 17 abr. 2015.

JUNIOR, C. C.; LAHR, F. A. R.; DIAS, A. A. **Dimensionamento de Elementos Estruturais de Madeira**. 1. ed. Barueri, 2003.

MACEDO, D. **Material Acervo Técnico Montana Química S.A.** Disponível em: <<http://www.montana.com.br/Guia-da-Madeira/Tratamento/Metodos-de-tratamento-da-madeira/Tratamentos-sem-e-com-pressao>>. Acesso em: 17 abr. 2015.

MOLINA, J.C.; JUNIOR, C.C. Sistema Construtivo em wood frame para casas de madeira. **Semina: Ciências exatas e Tecnologias**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 143-156, jul./dez. 2010.

OLIVEIRA, R. **Caracterização das Construções com Madeira em Uberlândia: Patologias, Projetos e Detalhes**. 2011. 144 p. Dissertação de Mestrado (Obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil)-Universidade Federal de Uberlândia-Faculdade de Engenharia Civil, Uberlândia, 2011.

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de Madeira**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

PRECASA: <<http://precasa.com.br/>>. Acesso em: 15 abr. 2015.

LIMA, E.C. Radiers. **Revista Equipe de Obra Pini**. São Paulo, SP, ed. 42, nov. 2011. Disponível em: <<http://equipedebra.pini.com.br/construcao-reforma/42/fundacoes-radiers-241672-1.aspx>>

REVISTA TÉCHNE, São Paulo: Pini Revistas, v. 146, jul. 2009.

SANCHES, C.; SATO, L. **Estudo Comparativo dos Sistemas Construtivos: Steel Frame, Concreto PVC e Sistema Convencional**. 2009. 76 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) –Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, Barretos, 2009.

SANTOS, P.S. **Sapatas de fundação**. 1. ed. Bauru: UNESP, 2012.

SPADOTTO, A. et al. **Impactos ambientais causados pela Construção Civil**. Unoesc & Ciência, Joaçaba, v. 2, n. 2, p. 173-180, jul./dez. 2011.

TEIXEIRA, R. **Alternativas sustentáveis de uso de madeira na construção civil**. Manaus: Especialize, 2012.

ANEXOS

**ANEXO I – ORÇAMENTO SOBRADO EM MADEIRA COM ÁREA DE
165,88 m²**

 <p>PRECASA</p> <p>ORÇAMENTO (COM KIT EM PARAJÚ) Área: 165,88 m² CLIENTE: MODELO: Ibirité</p>																
1ª PARTE - ITENS DE RESPONSABILIDADE DA PRECASA (VALOR FIXO)																
1 e 2	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;"></td> <td style="width: 70%;">Materiais (KIT DE MADEIRA, COMPLEMENTOS DE ACABAMENTO E INSTALAÇÕES) & Projetos Técnicos e Executivos com especificações técnicas e quantidades</td> <td style="width: 25%; text-align: right;">R\$ 180.000,00</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Supervisão e Assessoramento da obra com ART's do engenheiro junto ao CREA/MG</td> <td style="text-align: right;">R\$ 13.270,40</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Impostos destacados no faturamento - 3% ISS=QN sobre valor dos projetos</td> <td style="text-align: right;">R\$ 6.014,55</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Frete - entrega do kit e complementos no local da obra</td> <td style="text-align: right;">R\$ 1.200,00</td> </tr> <tr> <td></td> <td>TOTAL SOB RESPONSABILIDADE DA EMPRESA</td> <td style="text-align: right;">R\$ 200.484,95</td> </tr> </table>		Materiais (KIT DE MADEIRA, COMPLEMENTOS DE ACABAMENTO E INSTALAÇÕES) & Projetos Técnicos e Executivos com especificações técnicas e quantidades	R\$ 180.000,00	3	Supervisão e Assessoramento da obra com ART's do engenheiro junto ao CREA/MG	R\$ 13.270,40	4	Impostos destacados no faturamento - 3% ISS=QN sobre valor dos projetos	R\$ 6.014,55	5	Frete - entrega do kit e complementos no local da obra	R\$ 1.200,00		TOTAL SOB RESPONSABILIDADE DA EMPRESA	R\$ 200.484,95
	Materiais (KIT DE MADEIRA, COMPLEMENTOS DE ACABAMENTO E INSTALAÇÕES) & Projetos Técnicos e Executivos com especificações técnicas e quantidades	R\$ 180.000,00														
3	Supervisão e Assessoramento da obra com ART's do engenheiro junto ao CREA/MG	R\$ 13.270,40														
4	Impostos destacados no faturamento - 3% ISS=QN sobre valor dos projetos	R\$ 6.014,55														
5	Frete - entrega do kit e complementos no local da obra	R\$ 1.200,00														
	TOTAL SOB RESPONSABILIDADE DA EMPRESA	R\$ 200.484,95														
2ª PARTE - ITENS DE RESPONSABILIDADE DO CLIENTE																
6	Mão de obra complementar de ajuste e construção no terreno	R\$ 50.593,40														
7	Materiais de alvenaria e fundação padrão, vidros e pia cozinha	R\$ 26.540,80														
	TOTAL SOB RESPONSABILIDADE DO CLIENTE	R\$ 77.134,20														
	Total (COM AS EMPRESAS + Mão de Obra + Estimativa)	R\$ 277.619,15														
PROPOSTA VÁLIDA ATÉ 25/11/2015																