

# Sistema construtivo em *wood frame* para casas de madeira

## Wood frame systems for wood homes

Julio Cesar Molina<sup>1</sup>; Carlito Calil Junior<sup>2</sup>

### Resumo

---

A utilização de sistemas construtivos que aliam resistência, rapidez, com diferencial competitivo técnico, mercadológico e, principalmente, comprometimento com o meio ambiente, vem ganhando cada vez mais espaço no Brasil. O sistema construtivo em *wood frame* para construção de casas de até cinco pavimentos é muito interessante, pois é sistema leve, estruturado em perfis de madeira reflorestada tratada, que permite a utilização em conjunto com diversos materiais, além de permitir rapidez na montagem e total controle dos gastos já na fase de projeto por ser industrializado. O comportamento estrutural do *wood frame* é superior ao da alvenaria estrutural em resistência, conforto térmico e acústico. No entanto, no Brasil, o *wood frame* ainda é muito pouco conhecido e utilizado, seja por falta de conhecimento técnico sobre o sistema, por preconceito associado a má utilização da madeira como material de construção ou ainda, em alguns casos, por falta de normalização. O objetivo deste manuscrito consiste em apresentar as principais características técnicas e vantagens do sistema construtivo em *wood frame* para casas, abordando as principais etapas do processo construtivo através de exemplos, os materiais utilizados na construção, além das principais recomendações normativas internacionais de projeto. Com isso, espera-se contribuir para a divulgação e implantação efetiva do sistema *wood frame* no Brasil, pois trata-se de um sistema competitivo, rápido e ecologicamente correto. Além disso, atualmente, vem sendo realizado um enorme esforço do setor técnico, comercial e industrial madeireiro para a implantação deste sistema no país.

**Palavras-chave:** *Wood frame*. Casas de madeira. Processo construtivo. Estruturas leves.

### Abstract

---

The use of constructive systems that combine strength, speed, with competitive differential techniques and mainly, compromising with the environment, is becoming more popular in Brazil. The constructive system in wood frame for houses of up to five stories is very interesting, because it is a light system, structured in reforested treated wood which allows the combination of several materials, besides allowing speed in the construction and total control of the expenses already in the project phase for being industrialized. The structural behavior of the wood frame is superior to the structural masonry in strength, thermal and acoustic comfort. However, in Brazil, the wood frame is still little known and used, due to lack of technical knowledge about the system, prejudice associated the bad use of the wood as construction material, or still, in some cases, lack of normalization. The aim of this manuscript consists of presenting the main technical characteristics and advantages of the constructive system in wood frame homes, approaching the main stages of the constructive process through examples, showing the materials used in the construction, in addition the main international normative recommendations of the project. Thus, this manuscript also hopes to contribute to the popularization of the wood frame system in Brazil, since it is a competitive, fast and ecologically correct system. Moreover, nowadays, an enormous effort of the technical, commercial and industrial section has been accomplished for the development of this system in the country.

**Key-words:** Wood frame. Wood homes. Constructive process. Light structures.

---

<sup>1</sup> Pós Doutorando do Departamento de Engenharia de Estruturas da EESC/USP. E-mail: juliocm@sc.usp.br

<sup>2</sup> Professor Titular do Departamento de Engenharia de Estruturas da EESC/USP. E-mail: calil@sc.usp.br

## Introdução

De acordo com POWELL, TILOTTA e MARTINSON (2008) uma casa ideal deve ser confortável, segura, resistente a desastres, durável, eficiente e, sobretudo, sustentável. No entanto, embora nas últimas décadas tenham sido alcançados grandes avanços tecnológicos no que se refere ao conforto, desempenho e novos materiais dos sistemas de moradias, ainda no Brasil, se utiliza o mesmo sistema construtivo do descobrimento do país. Sendo assim, os esforços para melhorar as condições dos sistemas de moradia têm que continuar. Os avanços nesta área exigem não só o desenvolvimento de pesquisas aplicadas, mas também a transferência de tecnologias no sentido de passar o conhecimento adquirido à prática.

Nos últimos dez anos as casas pré-fabricadas ganharam novos materiais e novas tecnologias, principalmente devido às experiências no setor de habitação popular. Observou-se que uma infinidade de soluções passou do papel para o canteiro de obras, mas muito poucas realmente triunfaram. Isso porque, para entrar nesse mercado, é necessário que o sistema pré-fabricado apresente baixo custo, boa qualidade e, principalmente, se adeque aos sistemas de financiamento existentes no Brasil.

O *wood frame* para casas consiste num sistema construtivo industrializado, durável, estruturado em perfis de madeira reflorestada tratada, formando painéis de pisos, paredes e telhado que são combinados e/ou revestidos com outros materiais, com a finalidade de aumentar os confortos térmico e acústico, além de proteger a edificação das intempéries e também contra o fogo. Nos EUA a tecnologia *wood frame* é utilizada em 95% das casas construídas.

O sistema *wood frame* permite a construção de casas de até cinco pavimentos com total controle dos gastos já na fase de projeto devido à possibilidade de industrialização do sistema. A madeira é utilizada, neste caso, principalmente como estrutura interna de paredes e pisos, proporcionando uma estrutura

leve e de rápida execução, pois os sistemas e subsistemas são industrializados e montados por equipes especializadas, em momentos definidos da obra, e de forma independente. De acordo com Stricklin, Schiff e Rosowsky (1996) construções residenciais de até dois pavimentos que utilizam o sistema *wood frame* são mais econômicas.

Além disso, o custo de produção de uma casa em *wood frame* é superior ao da alvenaria tendo-se em vista o tipo de mão de obra e materiais utilizados. Observa-se ainda que o sistema *wood frame* está sendo implantado no Brasil e, por isso, a produção anual de casas que utilizam esse sistema ainda é muito baixa.

Segundo a Revista *Téchne* (LGHT *wood frame*..., 2009), atualmente no Brasil, existem algumas empresas brasileiras, instaladas no sul do país interessadas na construção de casas de madeira com implantação definitiva do sistema *wood frame*. Essas empresas buscam, a partir do trabalho em conjunto com instituições de ensino e associações, a obtenção de financiamentos imobiliários junto a Caixa Econômica Federal, já em 2010, para implantação desse sistema no país. Paralelamente, o setor técnico acadêmico e industrial madeireiro também vem realizando enormes esforços para divulgação e implantação desse sistema. Recentemente, foi realizado pelo Instituto Brasileiro da Madeira e das Estruturas de Madeira (IBRAMEM), nas dependências do SET/EESC/USP, um encontro com ciclo de palestras informativas referentes aos “sistemas construtivos de casas em *wood frame*”, abordando os principais fatores para a construção de uma casa confortável e funcional com um projeto eficiente e uso de materiais adequados para o isolamento térmico e acústico. Este encontro contou com a participação de especialistas nacionais e internacionais.

A Battistella Indústria e Comercio LTDA., com sede em Curitiba-PR, foi uma das pioneiras a implantar efetivamente o sistema de *wood frame* para casas de madeira de médio e alto padrão no

Brasil, sendo que a primeira casa do Brasil em *wood frame* foi construída em 2001 na cidade de Viamão, no Estado do Rio Grande do Sul, pelo engenheiro Carlos Alves e pelo construtor americano Alfred Lee Edgar.

Em países da América do Norte, Ásia e Europa, como Canadá, EUA, Japão e Alemanha, sistemas de casas em *wood frame*, de excelente qualidade, são amplamente adotados. A tecnologia desenvolvida pelos alemães, por exemplo, consiste na industrialização dos painéis de parede, de piso e cobertura, com alto controle de qualidade e possibilita a construção de casas com mais de 200 m<sup>2</sup> em apenas 60 dias, sendo necessário apenas um único dia para montagem da casa. Na América do Sul, países como o Chile e Venezuela investem com sucesso na indústria de casas populares com 40 a 65 m<sup>2</sup>, e que também utilizam painéis *wood frame*, além de treliças de telhado pré-fabricadas. A melhor explicação para a ampla utilização desse sistema em países onde a mão de obra é considerada muito cara é a otimização da gestão da produção com alto controle de qualidade. A pré-fabricação do sistema em ambiente industrial permite que várias atividades sejam executadas simultaneamente tendo como consequência a redução de prazos de entrega e custos.

Embora a madeira esteja entre os materiais de construção mais antigos e atuais em todo o mundo, a utilização desse material como elemento estrutural no Brasil ainda é cercada de muito desconhecimento e atrelada a idéias errôneas como a de que se construir com madeira implica necessariamente no desmatamento de áreas verdes preservadas. Vale lembrar que a madeira foi muito utilizada nas construções por arquitetos em meados do século XX, mas a partir da década de 1970 essa tecnologia começou a se perder espaço no Brasil devido a inserção maciça das estruturas de concreto, e conseqüentes imposições de mercado, enquanto que no resto do mundo as estruturas de madeira continuaram evoluindo.

Iniciativas para introduzir o sistema *wood frame* como mais uma alternativa para a construção industrializada tem buscado romper essa limitação e mostra que é possível erguer edificações de qualidade rapidamente e sem desperdício.

Dentro deste contexto, os objetivos específicos deste manuscrito são os seguintes: apresentar as principais características, vantagens e materiais utilizados no sistema construtivo de casas em *wood frame*; ilustrar as principais etapas do processo construtivo, apresentar as dificuldades de implantação desse sistema no Brasil; fazer uma breve abordagem sobre as recomendações normativas existentes de projeto e, principalmente, contribuir com a literatura nacional sobre o assunto, que atualmente encontra-se em fase de desenvolvimento no país.

### **Utilização da madeira como solução na construção de casas**

A dificuldade de visualizar a madeira como solução interessante para a construção de casas não deixa de ser paradoxal no Brasil. A indústria de reflorestamento nacional é uma das mais competitivas do mundo e há uma enorme disponibilidade de áreas de reflorestamento no país. É importante frisar que a madeira, quando bem utilizada, consiste num material competitivo com outras alternativas de construção. Além disso, quando falamos em construções leves que envolvem estruturas de madeira nos referimos a um sistema construtivo baseado exclusivamente no uso de madeiras de reflorestamento que é extremamente racionalizado. A madeira é único material de construção renovável, que demanda baixo consumo energético para produção, e sequestra carbono da atmosfera durante o crescimento da árvore. Apresenta ainda fácil trabalhabilidade, excelente desempenho térmico (absorve 40 vezes menos calor que a alvenaria de tijolos) e acústico, além de elevada relação resistência/peso, o que faz da madeira um material adequado para a

industrialização de elementos no sentido de facilitar o transporte das peças e posterior montagem na obra. Somadas a todas essas vantagens, no Brasil, os projetos com estruturas baseadas em *wood frames* têm utilizado como matéria prima o pinus e, em menor quantidade o eucalipto, ambas espécies de reflorestamento, e que apresentam crescimento rápido. Há preferência pelo pinus por sua elevada permeabilidade ao tratamento em autoclave, fundamental para evitar o ataque de organismos xilófagos. Observa-se também que, de uma maneira geral, a tecnologia tem ampliado a gama de novos produtos derivados da madeira, seja em diferentes formas, ou na combinação com outros materiais, associada à busca de benefícios ambientais, mas sempre visando o melhor desempenho do produto para o fim a que se destina.

### **Segurança da edificação em *wood frame* contra incêndio**

No que se refere à construção de casas de madeira, a principal restrição em termos legais, no Estado de São Paulo, deve-se, principalmente, ao risco de incêndio e esta foi introduzida na lei a mais de meio século, numa época em que não havia recursos como materiais retardantes, pinturas intumescentes e aditivos antichama.

Em termos estruturais, quando comparada a outros materiais, também utilizados em construção como, por exemplo, o concreto e o aço, a madeira apresenta um excelente comportamento em situação de incêndio. Segundo Pinto (2001), elementos estruturais de madeira, quando expostos ao fogo, carbonizam primeiramente seu perímetro externo, ficando o interior da madeira praticamente intacto.

De uma maneira geral, a principal preocupação dos órgãos normativos com a ocorrência de incêndio não está ligada ao interesse de preservar o patrimônio, mas sim de garantir que a edificação permaneça com sua capacidade resistente preservada por um período de tempo suficiente para garantir a total evacuação das pessoas. A principal preocupação,

neste caso, é a de preservar a integridade física do ser humano. A questão da perda como patrimônio pode ser facilmente garantida por meio de contratos e seguros.

### **Recomendações normativas para casas em *wood frame***

O sistema de construção de casas de madeira em *wood frame* tem sido pesquisado nos EUA desde 1910. Nessa época, alguns documentos foram publicados pelo *FPL* para orientar proprietários de imóveis e também os construtores interessados na utilização deste sistema. Porém, com a necessidade de reunir documentos, até então isolados, numa única publicação, o *FPL* publicou em 1955 (edição revisada em 1989) o primeiro manual completo de construção (*Hand-book*), nº 73, intitulado *FOREST PRODUCTS LABORATORY: Wood Frame House Construction* (1989). Este manual rapidamente se popularizou entre instituições educacionais, profissionais da construção madeireira e também outros interessados no assunto e, desde então, tem sido cada vez mais utilizado. O manual apresenta os princípios para a construção de casas de madeira em *wood frame*, com procedimento de construção passo a passo, desde a sua concepção até a estrutura completa, além de sugestões para selecionar os melhores materiais para a construção de uma boa casa.

O dimensionamento de painéis estruturais em *wood frame* pode ser feito a partir dos critérios estabelecidos pela norma americana *WFCM 2001* e também pelas normas européias *DIN 1052 (1998)* e *EUROCODE 5 Parte 2 (1997)*, que consideram as diversidades climáticas e sísmicas de cada região. De forma simplificada, o dimensionamento dessas estruturas considera que as paredes e pisos têm comportamentos de placa ou chapa, recebendo cargas tanto no seu plano quanto perpendicular a este. Para o dimensionamento das peças estruturais individuais de madeira pode-se utilizar os critérios estabelecidos pela norma brasileira de madeiras

NBR 7190/1997. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 1997). CALIL JUNIOR, LAHR e DIAS (2003) também apresentam algumas recomendações para o dimensionamento de elementos estruturais de madeira.

A norma americana *LRFD* contém os fatores de ajustes, dimensões, valores de resistência e outras referências requeridas para o projeto estrutural dos painéis. (LOAD AND RESISTENCE FACTOR DESIGN – LRFD, 1996).

### **Industrialização do sistema de casas em *wood frame***

A concepção do sistema *wood frame* em ambiente industrial reduz significativamente os desperdícios, que são altamente impactantes nos sistemas de construção tradicionais. Em boa parte das casas industrializadas em *wood frame*, o único elemento moldado *in-loco* é de fundação. O ganho de produtividade, neste caso, está vinculado também à dinâmica da obra limpa e seca e a facilidade de manuseio dos elementos estruturais (*frames* de madeira) e de fechamento (chapas de *OSB* e placas cimentícias) que demandam menos esforços dos operários.

É importante salientar também que é preciso desvincular a idéia de sistema industrializado com construção padronizada. Ao contrário do que ocorreu com a introdução de outros sistemas construtivos industrializados, o *wood frame* é disponibilizado como uma opção construtiva que permite a execução de qualquer tipo de projeto desde casas populares até construções com alto padrão de acabamento. A única limitação fica por conta da altura das construções que, no Brasil, assim como em todo o mundo, essa tecnologia construtiva só pode ser utilizada em prédios com no máximo cinco pavimentos. No entanto, as estruturas em *frame* podem ser executadas na indústria ou *in loco*. Nesse sentido, os países que utilizam a tecnologia em *wood frame* para casas apresentam diferentes formas de aplicação do sistema. A

diferença entre o sistema alemão (que se assemelha ao chileno) e o fabricado nos Estados Unidos (que também é aplicado no Brasil), por exemplo, é a industrialização completa do sistema. Além disso, no Brasil é recomendada a utilização de madeira tratada em toda a estrutura. Nas casas norte-americanas a aplicação de madeira tratada se restringe ao subsolo. Segundo Szücs, Velloso e Krambeck (2004), um baixo nível de industrialização dos componentes de madeira aumenta a permanência do homem no canteiro de obras, parcela bastante significativa no custo final da edificação.

Contudo, no Brasil, os métodos tradicionais estão lentamente dando lugar aos sistemas industrializados de construção.

### **Etapas construtivas e montagem de casas em *wood frame***

**Fundação:** deve ser escolhida em função das cargas de projeto e do tipo de solo existente. Em alguns países que possuem inverno rigoroso, a fundação das casas em *wood frame* é composta por estruturas subterrâneas de paredes, tecnicamente chamadas de “*basement wall*”, que formam compartimentos abaixo do nível do solo (com pelo menos 60 cm ou 2 pés), e estes servem para aumentar a temperatura das casas, pois nesta cota o congelamento não afeta o conforto térmico dos cômodos subterrâneos. Segundo Nanami et al. (1998) essas dimensões levam em consideração, além de outros fatores, a ventilação no compartimento subterrâneo. Essa técnica é usada principalmente pelos norte-americanos. O *basement wall* sustenta cargas de piso, paredes, telhados e outras cargas da construção, e pode ser construído tanto em madeira como também em concreto, sendo o concreto mais utilizado. Neste tipo de fundação também é muito comum a utilização de vigas de madeira com seção I sobre o *basement wall* para a sustentação e distribuição das cargas provenientes da edificação. A transmissão das cargas verticais, neste caso, acontece de forma não concentrada o que torna a

fundação uma etapa bastante rápida e econômica. A estrutura principal utilizada nas casas em *wood frame* é de madeira e distribui as cargas ao longo das paredes. Pelo fato da estrutura sobre a fundação ser leve e com cargas distribuídas ao longo das paredes, uma boa solução para a fundação é o *radier* ou ainda a sapata corrida. Em países com clima tropical como o Brasil a utilização de *basement wall* também pode ser muito interessante para garantir

o contorto térmico da edificação, principalmente daquelas construídas em regiões muito quentes. A Figura 1 mostra os detalhes do *basement wall* e dos arranques de barras de aço para fixação dos painéis de parede. Segundo Nanami et al. (1998), essas barras de aço, nas casas construídas no Japão, tem diâmetro variando entre 12 e 13 mm. O *Wood Frame Construction Manual* (2001) fornece alguns detalhes e espaçamentos de ancoragem.



**Figura 1.** Fundação: (a) *Basement wall* e arranque de barra de aço para fixação dos painéis; (b) Vigas I sobre o *basement wall*.

**Pisos:** nos pavimentos superiores das casas em *wood frame* são utilizados decks constituídos por chapas de *OSB* (*Oriented Strand Board*) apoiadas sobre vigas de madeira geralmente com seções retangulares ou I (com mesas formadas por madeira maciça ou *LVL* (*Laminated Veneer Lumber*) e alma de *OSB* ou compensado). A utilização de vigas I, neste caso, é interessante, pois proporcionam pisos leves e eficientes, que resistem aos esforços de flexão decorrentes das ações de peso próprio e acidentais. As ligações coladas (com resinas estruturais) entre a alma e as mesas da viga I, neste caso, são rígidas e, com isso, o *deck*, ao receber as cargas, que são perpendiculares ao seu plano, apresenta pequenos deslocamentos. Além disso, sobre o *deck* de madeira utilizam-se revestimentos de carpetes ou pisos engenheirados com manta intermediária para garantir a isolamento acústica. A chapa de *OSB* que compõe o *deck*

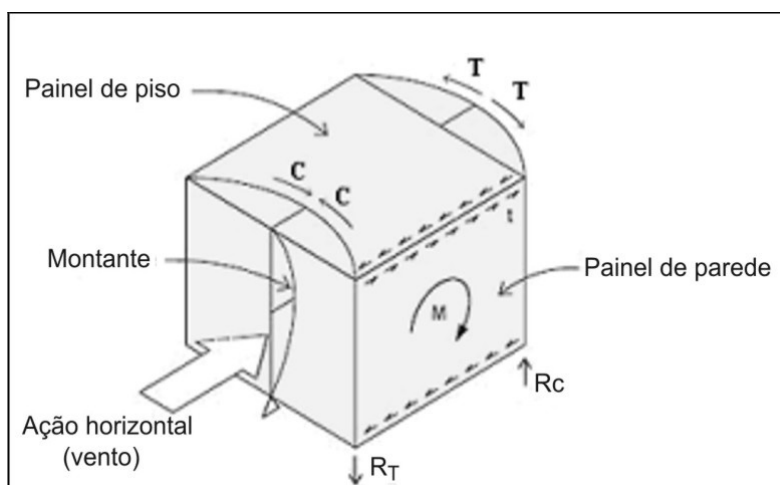
funciona, neste caso, como contrapiso. Além disso, nas áreas úmidas utilizam-se chapas cimentíceas coladas diretamente sobre contrapiso de *OSB*, sendo que sobre as chapas cimentíceas aplica-se, por pintura, uma impermeabilização do tipo membrana acrílica impermeável. Nas juntas entre as placas cimentíceas, bem como nos cantos com as paredes, aplica-se fibra de vidro com estruturante. Sobre a impermeabilização coloca-se o piso frio com argamassa colante. De acordo com a Revista *Téchné* (*LIGHT wood frame...*, 2009), em alguns casos, na composição dos pisos das áreas úmidas utilizam-se também chapas de compensado naval ou impermeabilizantes a base de resina de mamona para a madeira ao invés de chapas cimentíceas. Por outro lado, no piso do primeiro pavimento aplicam-se as técnicas tradicionais de alvenaria. A Figura 2 ilustra os detalhes dos pisos em casas de *wood frame*.



**Figura 2.** Pisos: (a) Detalhe do *deck* com chapa de OSB; (b) Detalhe do piso do primeiro pavimento.

**Paredes:** são compostas por montantes verticais de madeira, dispostos em consonância com painéis de OSB. As ligações entre os elementos estruturais no painel são efetuadas pela utilização de pregos, sendo que estes elementos metálicos de fixação devem necessariamente ser galvanizados, uma vez que deverão ter longa vida de serviço. Em alguns países como, por exemplo, no Chile são utilizados grampos para fixação entre os elementos que compõem o painel. É importante esclarecer que existe, principalmente no Brasil, o preconceito de que construir com madeira e pregos implicada num processo primitivo e de baixa qualidade. Nos países em que a madeira é bastante utilizada o prego é considerado ótimo recurso para fixação. Ainda segundo a Revista *Téchne* (PRONTA entrega..., 2009), no *wood frame* são utilizados pregos do tipo ardox ou do tipo anelado que dificultam o arrancamento, especialmente em madeiras macias como as utilizadas nos painéis em *wood frame* (coníferas). Para as aberturas de portas e janelas os montantes que se encontram nestas regiões devem ser deslocados lateralmente, mas nunca eliminados. Para evitar a necessidade de ar condicionado e minimizar o uso de energia elétrica, deve ser, sempre que possível, elaborado um projeto arquitetônico

que facilite a ventilação e a iluminação natural. O piso superior da edificação é apoiado nas paredes, que solicitam os montantes na direção paralela às fibras e estes descarregam os esforços no pavimento inferior ou fundação. Devido à rigidez das paredes e pisos nos seus planos o *wood frame* tem grande capacidade de resistir aos esforços de vento. Com os esforços horizontais, a parede frontal ao vento é solicitada perpendicularmente ao seu plano, resultando em esforços de flexão nos montantes e chapas de OSB. Essa parede transfere os esforços para os pisos superior e inferior que receberão esses esforços como carga distribuída. Admite-se, neste caso, por simplificação, o piso como sendo uma viga horizontal submetida ao esforço de flexão transferido pela parede. A cortante que surge nesta viga deve ser resistida pelo conjunto formado pelas chapas de OSB e as vigas que compõem o piso. A ligação entre esses elementos são definidas em função dessa cortante. Essa viga horizontal de piso distribui as cargas nas paredes laterais que deverão ser dimensionadas pelo cisalhamento e por isso são chamadas de *shear wall*. O comportamento estrutural do *wood frame* sob a ação do vento é apresentado na Figura 3.



**Figura 3.** Comportamento estrutural do *wood frame* sob a ação do vento. Modificado da Revista *Téchne* (LIGHT wood frame..., 2008).

Em países como Chile e Alemanha, os painéis em *wood frame* são geralmente confeccionados na indústria e, posteriormente, transportados para o local da obra. O comportamento estrutural do *wood frame* é superior ao da alvenaria estrutural em peso, resistência, conforto térmico e acústico. Além disso, no *wood frame*, cada elemento recebe esforços de diferentes naturezas, sempre conjugados com

outros elementos, sendo que as estruturas em *wood frame* apresentam redundância e hiperestaticidade. A Figura 4 mostra os detalhes dos painéis de *wood frame* sendo produzidos na indústria e posteriormente no local da obra.

A Figura 5 mostra os detalhes da fixação entre os painéis de parede do sistema em *wood frame*.



(a)



(b)

**Figura 4.** Painéis *wood frame*: (a) Industrialização dos painéis; (b) Detalhes dos montantes verticais para fixação dos painéis.



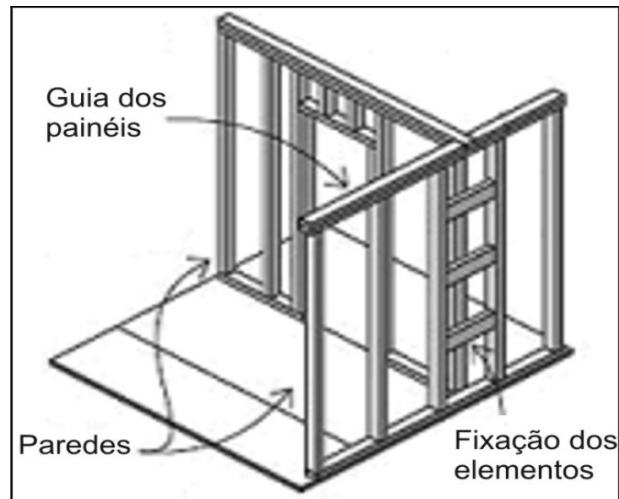


Figura 5. Detalhe da fixação entre os painéis de parede.

**Sistema elétrico e hidráulico:** pode ser idêntico ao de uma construção convencional, mas em comparação com as construções com alvenaria o uso de paredes agrega praticidade e agilidade à

construção em eventuais reparos ao permitir embutir as instalações nos vãos internos aos montantes. A Figura 6 mostra as instalações elétricas e hidráulicas.



(a)



(b)

Figura 6. Instalações elétricas e hidráulicas: (a) Fiação no interior da parede; (b) Instalações hidráulicas de banheiro.

**Revestimentos:** podem ser utilizados tanto dentro quanto fora da casa. As paredes externas, por exemplo, podem ser revestidas com *sidings* de aço, madeira e PVC, desenvolvidos especificamente para este sistema, mas também podem ser utilizados outros tipos de materiais como placas cimentícias que dão um acabamento semelhante ao da alvenaria, além de tijolos aparentes e argamassa armada. O revestimento tipo “*TYVEK*” tem a função de proteger o sistema das intempéries (por exemplo, contra umidade), mas, de uma maneira geral, o revestimento visa também atender os requisitos de

arquitetura e funcionar como isolante térmico. Nas áreas expostas a água como, por exemplo, banheiro e cozinha são utilizadas placas cimentícias com selador acrílico anti-fungo e pintura de resina acrílica pura, ou ainda placas de gesso acartonado revestidas com azulejo. Além disso, devem ser utilizados nas paredes mecanismos que garantam a estanqueidade do sistema. Por outro lado, para melhorar o desempenho térmico e acústico do sistema são utilizadas mantas de lã de vidro no interior dos painéis *wood frame*. A Figura 7 mostra os detalhes dos revestimentos e isolamentos utilizados nos painéis *wood frame*.



(a)



(b)



(c)



(d)

**Figura 7.** Revestimento e preenchimento dos painéis. (a) Lã de vidro interna; (b) Massa cimentícia; (c) *TYVEK* para barreira hidráulica; (d) Isolante térmico.

**Contraventamento:** o sistema de contraventamento vertical da edificação é feito com a fixação de placas de *OSB* nas faces externas das paredes. Assim as paredes em *wood frame* funcionam

também como um sistema de contraventamento (ação diafragma). A Figura 8 mostra os detalhes de contraventamento dos painéis.



**Figura 8.** Contraventamento e detalhes da edificação. (a) Chapas de OSB externas; (b) Aberturas de portas e janelas.

**Telhado:** sobre as paredes do último piso da edificação são, geralmente, posicionadas treliças industrializadas de madeira com conectores do tipo chapas de dentes estampados. Dependendo do tipo de telha utilizada, o espaçamento entre as treliças pode variar entre 60 cm e 120 cm (por ser uma estrutura leve de cobertura há um alívio das cargas nos nós das treliças diminuindo o espaçamento entre elas). A partir da utilização de treliças industrializadas é possível reduzir o peso da cobertura em até 40%, pois as seções dos elementos que a compõem são de pequenas dimensões (3 cm x 7 cm). O banzo inferior

das treliças nem sempre é o nível de referência para aplicação do forro. Alguns tipos de telhas como, por exemplo, as telhas *shingle* demandam um *deck* de OSB para servir de base sobre as treliças. No caso das telhas cerâmicas são utilizadas diretamente ripas sobre as treliças tomando-se o cuidado de se aplicar uma manta de sobcobertura antes do ripamento para garantir a estanqueidade. Podem ainda ser utilizadas telhas metálicas, de fibrocimento e asfálticas. Calil Junior e Molina (2010) apresentam algumas recomendações para a construção de telhados em estruturas de madeira. A Figura 9 mostra os detalhes da cobertura.



**Figura 9.** Cobertura: (a) Forro sobre treliças para colocação das telhas; (b) Vista inferior da estrutura de cobertura.

**Madeira utilizada:** no sistema de wood frame normalmente a madeira utilizada é o pinus. A madeira de pinus, por ser conífera é mais leve, não apresenta cerne e seu lenho é totalmente permeável ao tratamento preservante, o que não ocorre com a maioria das madeiras nativas brasileiras e com o eucalipto que são folhosas. O tratamento mais recomendado para wood frame é aquele feito em autoclave com produtos hidrossolúveis, sendo que estes tornam a madeira imune ao ataque de fungos e cupins. Segundo Molina (2008) a exposição direta da madeira aos fatores ambientais, em razão do uso da madeira sem um tratamento adequado, permite o ataque biológico de insetos e microorganismos, comprometendo a segurança das construções de madeira. O Brasil apresenta uma grande área de florestas plantadas de pinus principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste, o que torna o sistema *wood frame* sustentável do ponto de vista de demanda. No entanto, não existem normas brasileiras

para o *wood frame* e no que se refere ao tratamento preservante do sistema, os construtores utilizam como referencia as normas norte-americanas e canadenses que recomendam a retenção mínima de 4,0 kg de ingrediente ativo/m<sup>3</sup> para madeiras utilizadas em aplicações gerais. Para peças sujeitas ao contato direto com a fundação de concreto ou umidade a recomendação mínima é de 6,5 kg de ingrediente ativo/m<sup>3</sup>. No Brasil o tratamento mais recomendado utiliza produtos hidrossolúveis, em especial o CCA (Cobre-Cromo-Arsênio) e o CCB (Cobre-Cromo-Boro).

**Transporte e montagem:** no Chile como também na Alemanha praticamente todas as etapas de produção das casas em *wood frame* são feitas na indústria. A casa completa é então, posteriormente, transportada para montagem no local da obra. A Figura 10 mostra os detalhes do transporte indústria-obra e da montagem das casas com painéis em *wood frame*.



(a)



(b)



(c)



(d)

**Figura 10.** Fabricação industrial: (a) Painéis de parede (b) Trelças de cobertura; (c) Transporte indústria/obra; (d) Casa pronta.

## Considerações finais

O sistema em *wood frame* tem sido o mais utilizado no mundo para a construção de casas de madeira e o Brasil é visto como um mercado promissor pelas condições favoráveis e por ser um mercado carente de soluções sustentáveis.

Atualmente existem no Brasil mais de 50 profissionais, formadores de opinião, representantes de associações e empresas do setor madeireiro, construtivo, acadêmico, financeiro e tecnológico mobilizados para implantação desse sistema no país.

No sul do Brasil já existem empresas que firmaram parcerias para o desenvolvimento de matéria prima, componentes e projeto com capacidade para produzir casas de 70 m<sup>2</sup> a 280 m<sup>2</sup> destinadas ao mercado médio e de alto padrão.

Existem também empresários brasileiros que trabalham individualmente com construção em madeira determinados a implantar o *wood frame* de forma fundamentada, organizando frentes de trabalho para discutir a divulgação do sistema construtivo e sua padronização, de acordo com a realidade nacional de clima e mercado.

A implementação do sistema do *wood frame* no Brasil depende diretamente da diferenciação do sistema leve em relação aos modelos adotados anteriormente de casas de madeira com estruturas mais pesadas. Não se trata da construção de casas de madeira, mas sim de casas de alta tecnologia e sustentáveis produzidas com controle de qualidade e todas as vantagens do sistema *wood frame* como velocidade, flexibilidade, conforto térmico e acústico, preço e sustentabilidade.

É de fundamental importância a urgente conscientização e educação de engenheiros e arquitetos da necessidade e potencial da utilização deste sistema construtivo no Brasil para casas e as metas a serem alcançadas para esta finalidade, além da criação de centros de formação de treinamento de mão de obra projetistas e arquitetos.

## Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR-7190:1997*: projeto de estruturas de madeira: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.
- CALIL JUNIOR, C.; LAHR, F. A. R.; DIAS, A. A. *Dimensionamento de elementos estruturais de madeira*. Barueri: Manole, 2003.
- CALIL JUNIOR, C.; MOLINA, J. C. *Cobertura em estruturas de madeira*: exemplos de cálculo. São Paulo: PINI, 2010.
- DEUTSCHE NORM. *DIN-1052: Part 1-3*: structural use timber: design and construction; buildings in timber frame construction: design and construction. Berlin: DEUTSCHE NORM, 1998.
- EUROPEAN PRESTANDARD. *ENV 1995-2: EUROCODE 5, Part 2*: design of timber structures: bridges. Brussels: European Committee for Standardization, 1997.
- FOREST PRODUCTS LABORATORY. *Wood-frame house constructions*. Madson: USDA, 1989.
- LOAD AND RESISTENCE FACTOR DESIGN – LRFD. *Structural – Use Panels*: manual for engineering wood construction. Washington: APA, 1996.
- LIGHT wood frame. *Revista Técnica*, São Paulo, ano 17, ed. 148, p. 48-53, jul. 2009.
- LIGHT wood frame: construções com estruturas leves de madeira. *Revista Técnica*, São Paulo, ano 16, ed. 140, p. 75-80 nov. 2008.
- MOLINA, J. C. *Análise do comportamento dinâmico da ligação formada por barras de aço coladas para tabuleiros mistos de madeira e concreto para pontes*. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos.
- NANAMI, N.; NAKAJIMA, S.; ARIMA, T.; KAWAI, M. Durability of a wood frame construction house built in the 1920's. In: WORLD CONFERENCE ON TIMBER ENGINEERING, 5., 1998, Montreux. *Proceedings...* Montreux: WCTE, 1998. p. 752-753.
- PINTO, E. M. *Proteção contra incêndio para habitações em madeira*. 2001. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos.
- POWELL, K. L.; TILOTTA, D. C.; MARTINSON, K. L. *Assessment of research and technology transfer needs for wood-frame housing*. Madison: USDA, 2008.

PRONTA entrega. *Revista Técnica*, São Paulo, ano 17, ed. 151, p. 48-49, out. 2009.

STRICKLIN, D. L.; SCHIFF, S. D.; ROSOWSKY, D. V. Uplift Capacity of Light- Frame Wood Stud Walls. In: INTERNATIONAL WOOD ENGINEERING CONFERENCE, 1996, New Orleans. *Proceedings...* New Orleans, 1996.

SZÜCS, C. P.; VELLOSO, J. G.; KRAMBECK, T. I. Racionalização da construção de sistema leve em madeira de floresta plantada voltada para habitação. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 9., 2004, Cuiabá. *Anais...* Cuiabá: EBRAMEM, 2004. p. 30-39.

WOOD FRAME CONSTRUCTION MANUAL WFCM 2001. *Manual for one and two family dwelling*. Washington: American Wood Council, 2001.

*Recebido em 14 Dezembro, 2009 – Received on December 14, 2009.*

*Aceito em 18 Maio, 2010 – Accepted on May 18, 2010.*