

SISTEMA CONSTRUTIVO WOOD FRAME E A POSSIBILIDADE DA INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO: VISÃO DA REALIDADE BRASILEIRA POR MEIO DE ESTUDOS DE CAMPO

LEITE, Mariana de Araújo (1); BERTINI, Alexandre Araújo (2)

(1) Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, marianaaraujoleite@gmail.com; (2) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, bertini@ufc.br

Resumo: *A industrialização da construção é assunto cada vez mais presente na realidade da construção civil brasileira como solução para suprir limitações do sistema construtivo em concreto e alvenaria, considerado o sistema convencional brasileiro. Nesse contexto, é possível destacar o sistema wood frame pré-fabricado, solução construtiva relativamente nova no Brasil, apesar de não se tratar de uma novidade em relação ao mundo. Ainda não ganhou espaço em todos os Estados brasileiros, estando concentrado no Sul e Sudeste do país, onde estão localizadas as fábricas de pré-fabricação dos painéis em madeira e principais fornecedores de madeira plantada. Assim, o artigo tem como objetivo apresentar uma análise da presença do sistema wood frame painelizado no Brasil, realizada por meio de pesquisa de campo em empresas brasileiras representantes de todas as etapas do seu ciclo produtivo. Os resultados apontam a existência de uma tecnologia nacional bem desenvolvida para o sistema wood frame, adequada às Normas e características brasileiras. Apontam também várias vantagens do sistema wood frame em relação ao sistema construtivo tradicional brasileiro, como relacionados à alta produtividade sem perder qualidade, e a diminuição de desperdícios, ligado ao fator sustentável. Conclui-se que há a necessidade de uma maior divulgação do sistema wood frame no país, com suas características e possibilidades de uso, para que o conhecimento gere nos profissionais da construção civil e na população em geral maior interesse e confiança, tornando o wood frame uma possibilidade real para o Brasil como um todo.*

Palavras-chave: *Sistema construtivo wood frame, Industrialização da construção, Construção painelizada, Realidade brasileira da construção com madeira.*

Área do Conhecimento: *Tecnologia de processos e sistemas construtivos – Processo de produção*

1 INTRODUÇÃO

O presente artigo se insere dentro de um contexto socioeconômico onde diariamente surgem novas tecnologias construtivas movida pela busca de inovações que sejam eficientes, eficazes e sustentáveis, visando suprir a demanda habitacional, ainda bastante expressiva no Brasil. O setor da construção civil tem papel fundamental nessa busca, porém o caráter artesanal ainda predomina perante os sistemas inovadores. O setor encontra-se atrasado também em relação a práticas sustentáveis, sendo um dos grandes responsáveis pelo uso indiscriminado de bens não renováveis.

O interesse no objeto de estudo desta pesquisa, o sistema wood frame pré-fabricado, provém do entendimento que este possui características capazes de auxiliar o crescimento do setor da construção civil, como os relacionados ao seu caráter industrializado. Em outras palavras, acredita-se que sua utilização na construção nacional pode ser vantajosa em inúmeros aspectos, especialmente se relacionada à solução de limitações do sistema construtivo tradicional brasileiro. Segundo Calçada (2014), a industrialização traz vantagens à continuidade do crescimento sustentável, pelo aumento da produtividade e a qualidade das obras a partir do aperfeiçoamento dos processos construtivos atuais e do investimento em processos construtivos mais modernos, com tecnologia e industrialização aplicados. Com isso, outro aspecto é o fator sustentável, visto que vários estudos apontam a construção em madeira como uma das de menores impactos ambientais (Monich, 2012), além da citada ligação com a industrialização da construção. Sob a ótica da sustentabilidade, alguns autores confirmam a necessidade de aprofundar conhecimentos a respeito das metodologias construtivas existentes, “visando incitar um repensar acerca de metodologias e técnicas já convencionadas, auxiliando a correta tomada de decisões na etapa de projeto” (BRONDANI et al. 2014, p. 01).

Segundo a ABDI (2015), um marco para a construção em Wood Frame no Brasil foi em 2010 com a criação da Comissão Casa Inteligente, cujo objetivo é desenvolver e difundir a tecnologia, apesar de anteriormente já existirem experiências pontuais na construção com madeira plantada dentro de iniciativas acadêmicas. A partir de então, já foram construídos mais de 40.000 m² em Wood Frame no Brasil, dentre as várias tipologias construtivas (ABDI, 2015). Com isso, é possível perceber que a técnica do sistema já está desenvolvida, assim como a adaptação desta tecnologia à realidade brasileira.

Apesar de já ser utilizado em grande escala em alguns países desenvolvidos, como Estados Unidos da América, Canadá e Chile, esse sistema é uma solução construtiva ainda relativamente nova no Brasil (Kadoo Filho, 2014). É possível encontrá-la principalmente no Sul e Sudeste do país, onde estão localizadas as fábricas de montagem dos painéis e onde se encontram os maiores fornecedores de madeira plantada e de outros componentes da construção civil transportados e utilizados por todo o Brasil. Nos outros estados do país, o sistema wood frame pré-fabricado ainda não ganhou espaço no mercado, estando seu uso ainda cercado de muito desconhecimento e atrelado a ideias errôneas e por vezes preconceituosas, sendo questionado por muitos com relação à sua eficiência e eficácia frente aos sistemas convencionais (MOLINA E CALIL JUNIOR, 2010). Diante desse contexto, é válido questionar o que é necessário para expandir esse mercado e o conhecimento sobre *wood frame*.

O presente artigo, então, possui como objetivo principal apresentar uma análise resumida da presença do sistema wood frame industrializado na realidade brasileira atual, de forma a mapear as condições para a expansão da implantação do sistema no Brasil, visto seu potencial para auxiliar o setor da construção civil a melhorar suas limitações.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Dias (2005) constatou em seu trabalho que na época, anterior ao surgimento do sistema wood frame no mercado nacional, havia no Brasil dois tipos predominantes de construção com madeira. Ambos se classificam como tipos de edificações em madeira pesada, e são chamadas pelo autor de sistema em madeira maciça empilhada e sistema de tábuas verticais com mata-juntas. Dias (2005) afirma ainda que o desempenho global insatisfatório desses sistemas contribuiu para o aumento do preconceito do uso da madeira na construção de moradias no Brasil. Ainda se acredita que tal desempenho é devido ao componente estrutural (a madeira), atribuindo-o também ao sistema em madeira leve atualmente produzido no país, denominado sistema *wood frame*. O sistema wood frame utilizado no Brasil é proveniente do denominado sistema plataforma, e é baseado em soluções tecnológicas alemãs (ABDI, 2005), também utilizadas em larga escala em países como EUA, Canadá, Japão, Chile e na Venezuela (MOLINA E CALIL JUNIOR, 2010). Tal solução consegue satisfazer a um público bastante exigente de países desenvolvidos, propiciando edificações com qualidade, bom desempenho em uso e conforto (DIAS, 2005). Sánchez (1995) afirma que o sistema wood frame conseguiu alcançar um desempenho tecnológico significativo, se comparado aos sistemas tradicionais em madeira, como as construções em madeira maciça empilhada e em tábuas verticais com mata-juntas.

Dentre as razões pelas quais o sistema wood frame ainda não se espalhou amplamente pelo Brasil, Molina e Calil Junior. (2010) citam o preconceito ainda existente, sendo questionado por muitos com relação à sua eficiência e eficácia frente aos sistemas convencionais. Com isso, percebe-se que os esforços atuais devem ser direcionados para a divulgação benefícios do uso da madeira na construção, buscando maior visibilidade e atraindo maiores investimentos, para que o sistema wood frame se faça conhecido pela população brasileira e, assim, se torne um dos meios para melhorar a produtividade do setor da construção civil.

Da classificação original de Torres (2010), é possível separar os tipos de edificações em madeira em construção *in loco* e construção com pré-fabricação de elementos estruturais em fábrica, enfatizando a construção em madeira à base de módulos, onde se encontra o objeto de estudo do presente trabalho. Dentre estes, encontra-se o *Panelized homes*, construção de edificações utilizando-se painéis pré-fabricados, modelo utilizado na tecnologia brasileira de construção em *wood frame*. O sistema brasileiro *wood frame* painelizado ainda não possui norma própria, sendo utilizado como base documentos, códigos e normas de outros países, aliado a documentos e normas nacionais.

Busca-se atualmente a elaboração da norma brasileira do sistema construtivo *wood frame*. Para isso, foi criada em 2016 as Comissões de Estudos e de Trabalho de Sistemas Construtivos wood frame, com o objetivo de elaborar, juntamente à Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), normas de Sistemas Construtivos wood frame. Não há prazos para a finalização e implantação efetiva da norma brasileira de construção no sistema wood frame, porém, até mesmo em sua fase inicial de elaboração, é possível considerar essa etapa

como um marco para o setor da construção civil, assim como para a implantação eficaz do sistema wood frame em todo território nacional.

3 METODOLOGIA

A pesquisa em questão tem caráter exploratório. Segundo Gil (2002, p. 41) “este tipo de pesquisa tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses”, o que se adequa ao contexto já exposto, e visto que a investigação científica sobre o assunto em questão ainda é incipiente (Kadoo Filho, 2014). De acordo com essa definição, os procedimentos metodológicos do artigo em questão foram definidos, tendo como prioridade as pesquisas de campo ou visitas técnicas.

Os locais das visitas terão seus nomes preservados, com a ideia que o presente estudo tenha função somente didática de análise do cenário. Em cada visita, realizaram-se entrevistas qualitativas, conversacionais livres, onde as perguntas surgiam naturalmente, sem desviar do tema principal: o sistema *wood frame* na realidade brasileira. O Quadro 1 mostra uma pequena descrição das empresas e edificações analisadas, a fim de caracterizar os objetos de estudo.

Quadro 1 - Descrição das empresas e edificações em estudo

Identificação	Descrição
Empresa A	Atuante no setor florestal e de beneficiamento da madeira, sendo considerada atualmente uma das maiores e mais tecnológicas madeireiras da América Latina
Empresa B	Empresa de Tecnologia Aplicada a Madeira Plantada, com atuação, dentre outros, em processos de secagem, tratamento e proteção de peças de madeira
Empresa C	Empresa de telhados e sistemas construtivos em madeira plantada, atuando no setor da construção na produção de telhados e casas em wood frame painelado
Edificação 1	Condomínio de 5 casas construídas no sistema wood frame, a partir da tecnologia desenvolvida pela Empresa C

4 RESULTADOS

Com as visitas técnicas, buscou-se conhecer algumas das empresas com atuação de maior relevância no ciclo produtivo de edificações em *wood frame*. Além disso, para conhecer o processo executivo e o desempenho em uso, foram visitadas edificações em *wood frame*, em construção. A pesquisa de campo ocorreu nos meses de fevereiro e agosto de 2016, e se restringiu a um dos Estados brasileiros com maior representação do sistema. Cada uma das visitas técnicas está comentada nos itens que seguem, dispostas de acordo com o ciclo produtivo de uma edificação em wood frame, isto é, seguindo a ordem: Obtenção e beneficiamento de madeira, tratamento da madeira a ataques biológicos, utilização da madeira tratada para fabricação de painéis de wood frame e montagem dos painéis in loco.

4.1 Empresa A: Fábrica de beneficiamento da madeira plantada

Para se executar uma edificação com o sistema *wood frame* é necessário que as peças de madeira da sua estrutura estejam com as dimensões adequadas e padronizadas. Para isso, empresas madeireiras fazem o corte das árvores que serão beneficiadas, isto é, tratadas para tirar o melhor proveito daquela matéria prima. Na Empresa A, por se tratar de uma empresa com processos bastante mecanizados e tecnológicos, todo o processo de beneficiamento é realizado por máquinas que otimizam a utilização do material, gerando o mínimo de resíduos e aproveitando melhor todo o potencial de cada peça.

Foi possível observar que essa tecnologia auxiliou em um aumento da produtividade, onde as peças entram e saem a uma velocidade constante, só sendo interrompida a produção em casos de problemas extremos. Foi possível perceber o nível de automação da empresa visitada, deixando claro que se trata de uma exceção diante de grande parte das demais madeireiras brasileiras, onde muitas delas ainda possuem processos mais artesanais. Após a retirada das camadas da madeira que não interessam para a elaboração de peças estruturais, o núcleo que restou passa por um segundo processo de corte, onde são obtidas as peças nas dimensões desejadas.

É importante destacar que na atividade produtiva da Empresa A, com o corte dos troncos de madeira e elaboração de peças de dimensões padrões, é gerada uma quantidade significativa de resíduo. Porém, na Empresa A todos os resíduos recebem uma destinação de forma a serem aproveitados da melhor maneira. Assim, os resíduos de madeira são aproveitados em várias peças de caráter não estrutural, como molduras, barrotes colados, tábuas coladas, dentre outros, além de poderem ser transformados em raspas, tanto para o uso com esta forma como para a elaboração de placas (tapumes). Os resíduos que não podem ser aproveitados de alguma maneira em algum tipo de peça, são usados como biomassa, isto é, a matéria orgânica, em forma de resíduos de madeira, é transformada em energia. Hoje, a Empresa A produz toda a energia que ela consome pela geração de biomassa, contribuindo com a diminuição dos impactos ambientais.

Por essa visita técnica, foi possível entender o começo da cadeia produtiva de uma edificação em *wood frame* na observação da fabricação dos elementos estruturais pelo beneficiamento da matéria prima principal do sistema, a madeira. Entende-se que a Empresa A é referência no setor madeireiro brasileiro, tanto em tecnologia aplicada às atividades produtivas e sustentabilidade nos processos, como em demanda e oferta de produtos. Com isso, observou-se que grande parte das empresas brasileiras que produzem edificações no sistema construtivo *wood frame* obtém seus elementos estruturais desta madeireira, de forma a complementar as características de sustentabilidade e industrialização do sistema. Com relação à logística de fornecimento dos produtos da Empresa A, confirmou-se a possibilidade de envio destes para outras regiões brasileiras, o que possibilita o uso dessas madeiras na construção de edificações em *wood frame* em todos os Estados do Brasil.

4.2 Empresa B: Empresa de tratamento de peças de madeira

Para a utilização de peças de madeira como elemento estrutural em edificações, como no sistema *wood frame*, é necessário que estas sejam tratadas e protegidas contra agentes biológicos que possam comprometer a segurança estrutural das moradias e diminuir a vida útil das mesmas. Para isso, existem empresas, como a Empresa B, que atuam no mercado com tecnologia aplicada a madeira. Duas das atividades realizadas na Empresa B foram estudadas em campo pela afinidade com os objetivos do trabalho em questão, e serão descritas neste item: a secagem da madeira e a proteção contra agentes biológicos, sendo a primeira um pré-requisito para a segunda.

As peças de madeira que chegam na Empresa B para serem tratadas possuem uma umidade relativa elevada, características dos tipos de madeira com que a empresa trabalha: Pinus e Eucalipto. Assim, para que o tratamento das peças seja efetivo e eficaz, faz-se necessário um processo de secagem destas, até se obter uma umidade relativa de aproximadamente 12%. Observou-se que, geralmente, o período de secagem dura em torno de 10 dias. Nesse período, a secagem deve ocorrer de forma lenta, gradual e controlada para evitar possíveis defeitos de secagem, como trincas, torções, encurvamentos, encanoamentos e arqueamentos.

De forma resumida, o processo de secagem, anterior ao processo de proteção das peças de madeira, é necessário para que a água que existe no interior da madeira seja retirada para dar espaço ao componente químico com função inseticida e fungicida. Assim, o tratamento é realizado tanto nas faces das peças como também internamente, diminuindo as possibilidades de ataques biológicos.

O tratamento e proteção da madeira no Brasil pode ser feita com vários produtos químicos, legalizados pelos órgãos fiscalizadores da união, como o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Dentre eles:

- CCA - Arseniato de Cobre Cromatado, conhecido por Celcure (*Copper chrome arsenate*)
- CCB - Borato de Cobre Cromatado (*Copper Chrome Boron*)
- CA-B - *Copper Azoles* –B

Na empresa visitada, assim como na maioria das empresas que realizam esse tipo de trabalho, o CCB é utilizado para realizar a proteção da madeira. Para isso, as peças de madeira, secas e beneficiadas, são colocadas em um cilindro de tratamento, ou autoclave. Após as peças estarem adequadamente alocadas na autoclave, esta é então fechada e é realizada a etapa de geração de vácuo. Com isso, o CCB é despejado, o qual penetrará em todos os poros da madeira pela pressão interna imposta pela autoclave. O processo é finalizado retirando-se a madeira do tanque e colocando-a para secagem ao ar. A Figura 1 mostra a autoclave onde as peças de madeira são colocadas para a realização do tratamento.

Figura 1 – Autoclave do processo de proteção da madeira a ataques biológicos



Fonte: Os autores (2016)

Pelo que foi visualizado nesta visita, foi possível entender mais uma etapa da cadeia produtiva de uma edificação em *wood frame*: a proteção da madeira à ataques biológicos. Trata-se de uma das etapas essenciais, visto que dela depende a segurança estrutural da edificação no sistema em questão, assim como a garantia da durabilidade exigida por norma. Viu-se que o processo de secagem da madeira para a sua proteção é uma etapa a ser realizada com bastante controle e rigor técnico diante das possibilidades de defeitos de secagem. É alto o grau tecnológico das etapas observadas, obtido pelo uso de softwares e equipamentos modernos, facilitando a obtenção de resultados mais precisos com uma qualidade superior. Porém, a presença do controle humano é necessária e bastante importante para o bom funcionamento da tecnologia utilizada. O conhecimento das características do tipo de madeira a ser tratado é de extrema importância para o correto ajuste dos parâmetros de controle da câmara de secagem, e da solução a ser utilizada para proteção da madeira. O pinus, exemplo de madeira mais utilizada na empresa visitada, possui uma estrutura bastante porosa, necessitando de maiores cuidados na secagem pela maior tendência de apresentar defeitos, e requerendo maior quantidade de solução para sua proteção de forma eficaz. Apesar de simples, o processo de tratamento da madeira em autoclave requer uma estrutura bem pensada, com profissionais com conhecimento no assunto, capazes de gerir os processos e solucionar problemas. Assim, torna-se mais difícil a implantação dessa estrutura em Estados sem uma demanda para dar retorno ao investimento, sendo necessária a importação da madeira já tratada para a construção de edificações em *wood frame* nestes locais.

4.3 Empresa C: Fábrica de painéis em *woodframe*

Com a madeira beneficiada e submetida ao tratamento cupinizada e inseticida, é possível iniciar o processo executivo da estrutura das edificações em *wood frame*. As empresas visitadas na pesquisa de campo incorporaram em seus processos construtivos etapas mais industrializadas, de forma que a maior parte da execução da edificação aconteça em fábrica, deixando para o local da construção somente a montagem e acabamentos finais. Assim, a tecnologia utilizada é a da painelização, isto é, fabricação de painéis no sistema *wood frame*, os quais são unidos *in loco* para dar forma a casas ou edifícios.

A Empresa C utiliza o sistema de painelização para a construção de casas térreas. Os painéis são montados em fábrica, localizada em galpão de tamanho médio, aproximadamente 1.000 m². Os equipamentos utilizados na fábrica são: 1 Empilhadeira elétrica, 1 Esquadrejadeira profissional, 1 Pórtico rolante elétrico móvel, 1 Pórtico rolante manual fixo, 2 Mesas de montagem de painéis. É importante destacar a simplicidade da infraestrutura utilizada na fábrica da Empresa C, mostrando que é possível produzir com qualidade, alta produtividade e menos desperdícios, industrializando as atividades produtivas, com uma estrutura básica bastante simples. Diante da demanda de cada empresa e dos seus objetivos profissionais, é possível utilizar uma infraestrutura mais tecnológica, porém, a industrialização da construção por meio do sistema *wood frame* não depende disso.

A Figura 2 mostra um painel em *wood frame* sendo movimentado para o fechamento da segunda face sobre mesa de montagem. Com uma face finalizada, é necessário virar o painel para que o outro lado seja executado. Para isso, há duas maneiras: com o painel em pé ou deitado. É utilizado então o pórtico rolante para movimentar o painel, deixando-o na posição desejada. Antes de fechar a outra face, deve-se trabalhar a parte interna dos painéis, onde fica o isolamento térmico e acústico e todas as instalações elétricas (e hidráulicas no caso dos banheiros e cozinha).

Figura 2 – Painel no sistema *wood frame* sendo movido em ambiente fabril



Fonte: Os autores (2016)

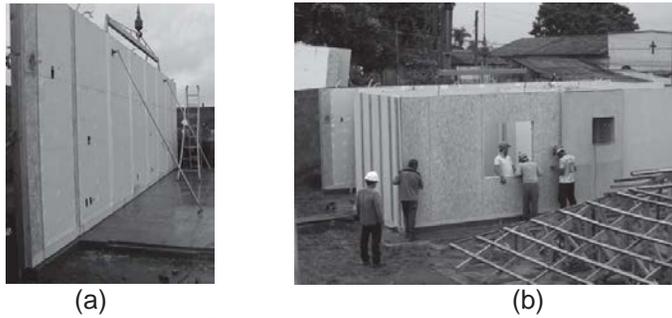
Com a parte estrutural do painel pronta, realiza-se então a etapa de acabamento, a ser realizado ou não em fábrica, ficando a critério da empresa. Os acabamentos internos e externo dos painéis da Empresa C são executado, em sua maior parte, na fábrica, onde o primeiro é feito com placas de gesso acartonado e o segundo, com um sistema denominado EIFS (*Exterior Insulation and Finish System*). Ambos os acabamentos também contribuem para a proteção térmica e acústica da edificação. Com os painéis prontos para montagem da edificação, é necessário realizar o transporte destes até o local da construção.

A partir desta visita técnica foi possível entender mais uma etapa da cadeia produtiva de uma edificação em *wood frame*: a fabricação dos painéis. Entende-se que essa etapa pode acontecer de várias maneiras, dependendo, dentre outros fatores, da inclusão de tecnologia nos processos. Assim, o processo executivo desenvolvido pela empresa Tetti e observado na visita técnica é um dos exemplos de como o sistema *wood frame* está sendo implantado no Brasil. Os seguintes pontos podem ser destacados:

- A implantação de uma fábrica com condições mínimas para a fabricação dos painéis em *wood frame* exige uma infraestrutura simples, acessível em todos os Estados do país.
- Foi observado que a quantidade de funcionários fabricando os painéis é bem pequena, não necessitando de mão de obra especializada. Todos os 6 funcionários passaram por treinamento de uma semana, anterior ao início da fabricação dos painéis, o que os capacitou para realizar aquele trabalho. Foi relatado que no começo a produtividade desses funcionários era pequena devido ao período de aprendizado. Porém, no período da visita técnica, a produção já estava fluindo, mostrando-os adaptado às atividades da empresa.
- Por ser a construção de casas em *wood frame* uma atividade recente para a empresa, no período da visita alguns pontos ainda não haviam ganhado a devida atenção, como a questão da logística interna e do acompanhamento da produtividade. Para que o fator da industrialização da construção, inerente ao sistema *wood frame* painelizado, seja aproveitado em todo o seu potencial, é recomendado que ele esteja atrelado a estudos de logística interna, isto é, a organização das atividades dentro da área da fábrica, de forma que todo o processo executivo seja pensado e planejado antes de acontecer para evitar possíveis desperdícios, de tempo e insumos, por exemplo, por desorganização de canteiro.

4.4 Edificação 1: Montagem dos painéis *in loco*

Acompanhou-se a construção de 3 edificações em *wood frame* em cidade no interior de São Paulo, executadas a partir da montagem dos painéis produzidos na fábrica da Empresa C, observado em visita técnica anterior. Com o auxílio de um guindaste, os painéis eram retirados do reboque e alocados na fundação. Observou-se que o estudo da sequência de montagem é de extrema importância para otimizar o processo. Sem uma análise de como os painéis devem ser dispostos no reboque, de acordo com a ordem que sairão dele, o processo de montagem, que possui potencial para ser uma etapa rápida e descomplicada, pode acabar exigindo mais tempo e esforço do que o necessário. A Figura 3a mostra o primeiro painel sendo alocado na fundação da edificação, e a Figura 3b mostra a edificação em *wood frame* após todos os painéis serem colocados em seus devidos locais, dando forma à estrutura da edificação.

Figura 3 – Painéis em wood frame alocados em fundação tipo Radier

Fonte: Os autores (2016)

É possível observar a necessidade de escoras no primeiro painel para garantir o alinhamento correto deste, pois este servirá de referência para os demais. É possível perceber também que a quantidade de funcionários é pequena (5 colaboradores e 1 engenheiro), assim como na fábrica. Outro ponto a ser destacado é a diferença de acabamentos entre os painéis, onde alguns já apresentam placas de gesso ou o acabamento externo (EIFS), e outros somente a estrutura, com os barrotes de madeira, as placas de OSB e as instalações elétricas e hidráulicas. A forma como os painéis estão ao serem transportados para o local da obra é de decisão da empresa, onde quanto maior a quantidade de etapas realizadas em fábrica, menor o tempo de execução *in loco*.

A próxima etapa a ser executada é a cobertura. A Empresa C, fabricante dos painéis e executora da obra, opta pelo uso da estrutura de cobertura também industrializada e em madeira plantada tratada. Monta-se a estrutura de cobertura no chão, com treliças pré-fabricadas unidas por chapas prego (conectores antirrachas) segundo a norma brasileira NBR 7190 – Projeto de estruturas e madeira, sendo posteriormente içada e alocada na estrutura de paredes previamente montada. A Figura 4 mostra a estrutura de cobertura sendo alocada na edificação em wood frame.

Figura 4 – Estrutura de telhado sendo alocada em edificação em wood frame

Fonte: Os autores (2016)

Observou-se que essa opção possibilitou, principalmente, o aumento da eficiência, diminuindo o tempo no local da montagem da edificação, do controle de qualidade, pelo fator da industrialização, e da segurança em obra, atenuando o trabalho em altura.

Por fim, com as estruturas de parede e telhado prontas, as etapas seguintes são de realizar a ancoragem da edificação à fundação, colocação das telhas da cobertura, finalização dos acabamentos internos e externos restantes, e tratamento das juntas das placas de gesso com uma fita de material próprio para tal trabalho. Como a pesquisa de campo se limitava à observação do sistema wood frame, a visita técnica se restringiu ao acompanhamento da montagem das três casas, nas etapas resumidas neste item, o que ocorreu durante apenas 2 dias.

Por essa visita, foi possível entender mais uma etapa da cadeia produtiva de uma edificação em wood frame: a montagem de painéis *in loco* para construção de edificações. Observou-se uma montagem rápida, uma execução seca e um canteiro de obras limpo e organizado, diferente do comumente observado em grande parte das obras brasileiras no sistema convencional. Além disso, como já relatado, a construção de casas em wood frame era uma atividade recente para a Empresa C no período da visita e alguns pontos ainda não haviam ganhado a devida atenção. Com isso, viu-se a importância, tanto em fábrica como em obra, da implementação de ferramentas e processos que auxiliem a linha de produção no controle da produtividade, de forma que o

caráter industrializado do sistema wood frame não perca seu potencial e os benefícios que pode trazer.

5 CONCLUSÕES

Viu-se no presente artigo uma análise da realidade do sistema wood frame, em forma de painéis, no Brasil, por meio de relatos de visitas técnicas a empresas do ramo e edificações construídas com o uso desse sistema. Com essa análise, aliada à uma pesquisa bibliográfica abrangente, foi possível realizar um parecer crítico a respeito da implantação do sistema wood frame industrializado no Brasil como um todo.

A importância deste artigo vem da demonstração de que já existe um sistema construtivo wood frame adaptado à realidade brasileira, desde suas normas até fatores culturais. Em outras palavras, a tecnologia do sistema wood frame já está pronta, podendo ser utilizada e seus benefícios aproveitados. Porém, percebeu-se ainda um desconhecimento muito grande sobre o sistema, não só pela população leiga, mas pelos próprios profissionais da construção civil brasileira. Foi possível concluir com a vivência em campo, nos mais diversos ambientes ligados a cada fase do ciclo produtivo do wood frame, que pela cultura do concreto armado ser bastante forte no Brasil, o preconceito com sistemas alternativos é ainda intensamente presente. Contudo, é um preconceito que vem diminuindo cada vez mais diante das possibilidades de acesso a informações. Isso comprova a necessidade da disseminação do conhecimento de sistemas alternativos ao tradicional e suas vantagens frente a ele, tanto auxiliando a tomada de decisão, bastante comentada no trabalho, como também incentivando um caráter resiliente na construção civil brasileira.

As pesquisas bibliográficas aliadas à pesquisa de campo propiciaram uma conclusão a respeito do progresso da construção em madeira no Brasil. Por elas, é possível concluir que a execução de edificações com madeira no Brasil, com foco na tecnologia wood frame, está sendo cada vez mais reconhecida como potencialmente viável para o mercado da construção civil. As buscas bibliográficas apontaram um histórico de construção em madeira no país com baixo desempenho, especialmente térmico, acústico e com relação à proteção a ataques biológicos na estrutura. Porém, o sistema wood frame, da forma como é executado atualmente, se mostrou favorável a vencer essas barreiras, podendo apresentar desempenho até de forma superior à uma edificação construída no sistema convencional. Isso se deve ao seu caráter industrializado, adaptado para execução de edificações em concordância com as normas brasileiras de desempenho, juntamente à preocupação, em todas as fases de execução, com o fator sustentável.

O presente artigo possui função exploratória, sendo seus resultados passíveis de serem utilizados como subsídio para a implantação do sistema wood frame, além de incentivar o aumento da industrialização da construção e a diminuição do caráter artesanal do setor no Brasil.

Conclui-se, por fim, que há a necessidade de uma maior divulgação do sistema wood frame no país, com suas características e possibilidades de uso, para que o conhecimento gere nos profissionais da construção civil e na população em geral maior interesse e confiança, tornando o wood frame uma possibilidade real para o Brasil como um todo.

6 REFERÊNCIAS

ABDI – AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. Manual da Construção Industrializada: Conceitos e Etapas. Volume 1: Estrutura e Vedação. ABDI. 1 ed. Brasília, 2015.

BRONDANI, R. P.; MOHAMAD, G.; ISAIA, G. C. Sustentabilidade em projeto de estrutura em concreto armado: um estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 56, 2014, Natal. Anais... IBRACON: Instituto Brasileiro do Concreto, 2014.

CALÇADA, P. de A. B. Estudo dos processos produtivos na construção civil objetivando ganhos de produtividade e qualidade. Rio de Janeiro, 2014.

DIAS, G. L. Estudo experimental de paredes estruturais de sistema leve em madeira (sistema plataforma) submetidas a força horizontal no seu plano. 2005. 164 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo, v. 5, p. 61, 2002.

KADDOO FILHO, M. K.; BILESKY, L. R. Wood Frame: sistema de construção energitérmica sustentável. Revista científica eletrônica de ciências aplicadas da FAIT. Itapeva, 1. ed. Novembro, 2013. Disponível em: http://fait.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/Bu30bPTHUxN3tjP_2014-4-22-19-57-45.pdf
Acesso em: 13 nov. 2015.

MOLINA, J. C.; CALIL JUNIOR, C. Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, v. 31, n. 2, p. 143, 2010.

MONICH, C. R. Avaliação ambiental de uma habitação de interesse social pré-fabricada em madeira no sistema wood frame no estado do Paraná. 2012. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SÁNCHEZ, J. E. P.; MARTITEGUI, F. A.; MARTITEGUI, C. A.; ALVAREZ, M. A. G.; SÁNCHEZ, F. P.; NEVADO, M. A. R. Casas de madera: sistemas constructivos a base de madera aplicados a viviendas unifamiliares. Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho. AITIM. 1995.

TORRES, J. T. C. Sistemas construtivos modernos em madeira. 2010. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de especialização em construções civis, Universidade do Porto, Porto, 2010.