TÉCNICAS CONSTRUTIVAS DE CASAS DE MADEIRA

Bianca de Almeida Silva (IC) e João Carlos Gabriel (Orientador)
Apoio: PIVIC Mackenzie

RESUMO

Neste artigo é apresentado um estudo de técnicas construtivas utilizando a madeira como material estrutural. O estudo foi realizado analisando-se descritivamente as técnicas construtivas de madeira roliça/falquejada, madeira serrada, e o *woodframe*. Foi considerada para todas as construções a laje *radier* como fundação e o telhado com estrutura de madeira serrada e telhas de argila queimada como cobertura. Selecionou-se para estudo principalmente as técnicas de construção das paredes com os diversos tipos de madeira processada. O foco do trabalho também não foi às instalações elétricas e hidro-sanitárias. Este estudo defende a necessidade da busca de conhecimento referente a técnicas construtivas eficientes que incorporem a racionalização do uso dos recursos renováveis, produção sustentável, redução de custos, maior qualidade e otimização do tempo.

Palavras-chave: Técnicas construtivas. Sustentável. Madeira na construção civil.

ABSTRACT

This article presents a study of construction techniques using wood as a structural material. The study was carried out analyzing the constructive techniques of round wood, sawn wood, and the woodframe. For all constructions, the radiator slab as a foundation and the roof with a lumber structure and burnt clay tiles as a covering should be considered. It was mainly analyzed as wall construction techniques with the different types of processed wood. The focus of the work was also not on electrical and hydro-sanitary installations. This study defends the need to search for knowledge regarding efficient construction techniques that incorporate the use of renewable resources, sustainable production, cost reduction, better quality and time optimization.

Keywords: Constructive techniques. Sustainable. Wood in construction.

INTRODUÇÃO

A evolução do ser humano desenrolou-se devido ao crescimento acelerado da demanda por produtos e energia necessários à manutenção da economia e dos padrões da qualidade de vida durante cada período histórico, se tratando na retirada de matéria prima e no descarte dos resíduos à natureza (VIEIRA, 2015 apud KRYZANOWSKI, 2005).

Com a primeira grande revolução industrial ocorrida na Europa, inicialmente na Inglaterra, por volta de 1760, os artífices e a população do campo foram atraídos para as cidades por causa das oportunidades de trabalho onde as indústrias começaram a produzir bens de consumo em grande quantidade. A população cresceu e as famílias não tinham onde morar. A construção de casas de pedra e alvenaria era demorada e cara e, assim, utilizou-se a construção de casas de madeira como opção de habitação familiar. Já no final do século XIX, com a 2ª Revolução Industrial, o uso da eletricidade foi um dos fatores com os quais os construtores começaram a utilizar serrarias na obtenção de madeira serrada para a construção de tábuas e painéis e acelerar a construção de casas para famílias residentes na cidade (CAVALCANTE, 2011). Mais recentemente, nas 3ª e 4ª Revoluções Industriais, a tecnologia do computador e a interação homem-máquina permitiram a construção de casas pré-moldadas e a montagem destas casas, atualmente, em dois ou três dias. O cliente indica o local do terreno e o tipo de casa desejada, o sistema de satélite ou drones identifica o tamanho do local e área a ser construída, as informações são encaminhadas para a fábrica que calcula, corta a madeira e monta as estruturas e, depois de concluídas, a casa pré-fabricada é carregada sobre um caminhão, transportada até o local da obra e a construção - fundação, sistema estrutural e de fechamento lateral, estrutura e telhado, água encanada e eletricidade, internet, aterramento, e até mesmo jardim - é executada (*BETWAY INSIDER*, 2021).

A busca por alternativas sustentáveis torna-se cada vez mais recorrente nas diversas esferas da economia, inclusive na construção civil, em razão da sua alta contribuição aos impactos ambientais. Estima-se que de todos os resíduos sólidos gerados no planeta, 60% são oriundos das obras civis. Outro fator negativo que está aliado ao setor das construções, é o alto consumo de energia elétrica, que corresponde a 40% do total de energia produzida. Além de ser o maior gerador de resíduos e grande consumidor de energia, a indústria da construção civil também é responsável pela emissão de 47% dos gases que causam o efeito estufa (COSTA, 2018 apud WWF-Brasil, 2016). A construção civil, também é a maior consumidora de recursos naturais não renováveis como, por exemplo, areia, brita, minério de ferro e argila. O consumo passa de mais de 70% de toda matéria-prima produzida no planeta (COSTA, 2018).

Por isso, é importante a implantação de novos métodos construtivos diferentes dos convencionais, e que, segundo Selere, Silva e Bonfim (2014 apud BARBIERI; CAJAZEIRA, 2013, p.65 e 66) “o panorama e o apoio à sustentabilidade consistem na teoria de que o mundo não vai aguentar a carga sobre ele depositada, o que acabará causando grandes catástrofes tanto no meio ambiente quanto na sociedade mundial”. Ou seja, já ficou bem evidente que os limites da terra no quesito ambiental foram ultrapassados através de resultados como os altos níveis de raios ultravioletas, o buraco na camada de ozônio, o aumento de doenças como o câncer, a degradação de nossa biodiversidade, poluição de rios e oceanos, além dos problemas sociais, como aumento da violência, pobreza e desemprego, a falta de estruturas e condições básicas para a vida do homem como saúde e educação, e grande parte destas sendo consequência do aumento exagerado e mal planejado da industrialização. Dessa forma, cabe às empresas de hoje, investirem o máximo para reverter este quadro e minimizar tais consequências (SELERE; SILVA; BONFIM, 2014 apud BARBIERI; CAJAZEIRA 2013).

O objetivo desse estudo é apresentar uma revisão bibliográfica de três técnicas construtivas de casas de madeira no Brasil, sendo elas, a de madeira roliça/falquejada, a de madeira serrada e o *woodframe*. A pesquisa visa também auxiliar no entendimento dos benefícios do uso da madeira de reflorestamento na construção civil, pois as características de uma construção sustentável influenciam diretamente na relação do homem e meio-ambiente com questões que podem ser reduzidas quando se resolve investir em um planejamento adequado.

DESENVOLVIMENTO DO ARGUMENTO

A madeira é um material de construção renovável que demanda baixo consumo energético para sua produção e, cujas árvores de onde é retirada, a mesma sequestra carbono da atmosfera durante o crescimento. Ela também é de fácil trabalhabilidade, tem excelente desempenho térmico (absorve 40 vezes menos calor que a alvenaria de tijolos) e acústico, além de elevada relação resistência/peso, o que faz dela um material adequado para a industrialização de elementos no sentido de facilitar o transporte das peças e posterior montagem na obra (MOLINA, 2010).

As árvores produtoras de madeira utilizadas na construção civil são do tipo exogênico, que crescem pela soma de camadas externas, sob a casca, tendo na sua seção transversal do tronco da arvore, as seguintes camadas, de fora para dentro: a casca, sendo a proteção externa do tronco, sem resistência estrutural; o alburno ou branco, uma camada formada por células vivas que conduzem a seiva; o cerne, após seu crescimento, as células

vivas do alburno tornam-se inativas e constituem o cerne, passando a sustentar unicamente o tronco; e a medula que é o centro do tronco (QUINTELA, 2007).

A obtenção da madeira para a construção é feita preferencialmente do cerne, o mais resistente, porque o alburno produz madeira recente, não endurecida, tornando-a mais susceptível à decomposição e com maior capacidade de absorção de umidade durante o seu uso, dependendo do clima no local da construção (QUINTELA, 2007).

A madeira, após sua extração, sempre conterá em maior ou menor quantidade de umidade nos vasos ou, estruturalmente, nas paredes celulósicas. Por isso, há necessidade do processo de secagem da madeira, antes que seja utilizada na construção. Quando a mesma é colocada para secar, ou naturalmente exposta sob coberturas (secagem natural), ou em autoclave (secagem artificial), evapora-se a água contida nas células ocas, atingindo-se assim o ponto de saturação das fibras, no qual as paredes das células ainda estão saturadas, porém a água no seu interior se evaporou, equivalendo a um grau de umidade de 30% da umidade total, tendo a denominação da madeira sendo meio seca. Avançando na secagem, a madeira alcança um ponto de equilíbrio com o ar, denominado seco ao ar. O grau de umidade desse ponto depende da umidade atmosférica (QUINTELA, 2007).

Após a elaboração dos projetos arquitetônicos, executivos e os detalhamentos, inicia-se a obra com a execução da fundação. Existem vários tipos de fundações, as profundas realizadas com estacas e até tubulão, dependendo do tamanho da obra e do tipo do terreno, e as rasas. Dentre as fundações rasas, existem as sapatas corridas, as vigas baldrame e o *radier*. A fundação *radier* é uma laje dimensionada e executada com concreto armado, tendo uma espessura, densidade de armadura de aço e resistência do concreto dependendo do peso da obra. Ou seja, como a madeira é menos densa e mais leve que o concreto armado com fechamento de alvenaria ou de alvenaria estrutural, dependendo do tipo e da densidade do solo, torna-se recomendável o uso da fundação *radier* para a construção das casas de madeira.

Após montagem da estrutura da casa de madeira, é necessário executar as instalações elétricas e hidro-sanitárias. As instalações elétricas podem ser executadas de forma aparente, passando por tubos de polivinilclorados – PVC cujo material é auto-extinguível ou até por tubos de aço zincado que resistirem à corrosão atmosférica. As instalações hidráulicas também podem ser aparentes ou embutidas (em gabinetes ou falsas colunas e são executadas também com tubos de PVC para água fria e Homopolímero de PVC (CPVC) ou cobre para água quente). Já as tubulações de esgoto devem ser embutidas, por questão de estética.

Os telhados das casas de madeira são geralmente executados com “madeiramento”

de madeira e cobertas por telhas de cerâmicas. Isto porque, além de ser um dos componentes de mais tradição na construção civil, proporcionam um bom conforto térmico no interior da edificação. Em função da falta de normalização e padronização das telhas produzidas no Brasil, há uma variedade muito grande de denominação e dimensões nominais de um tipo de telha. Para as telhas cerâmicas é recomendado que seu aspecto visual não apresentasse fissuras constantes. O limite máximo de absorção de água destas telhas não deve ultrapassar 20% de seu peso quando seca (QUINTELA, 2007).

A durabilidade da madeira é a propriedade de resistir, em maior ou menor grau, ao ataque de agentes destruidores, sob condição natural de uso, conforme descrito na NBR 8456:1984 (BRITO, 2010). Grande parte dos agentes ambientais tem o potencial de reduzir a desempenho da madeira ao longo do tempo. O projetista, porém, pode garantir a durabilidade usando uma combinação de três fatores, (BRITO, 2010 apud CALIL et al., 2006). Sendo eles: melhor detalhamento de projeto, tendo como finalidade executar um projeto mais eficiente, onde é considerada, a proteção contra chuva e raios solares; a drenagem rápida da água e a secagem das áreas úmidas; tratamento preservativo, que se trata da preservação química com impregnação do produto preservativo sob pressão de autoclave e tratamento superficial; inspeção, manutenção e reparos, a qual a inspeção corresponde às vistorias periódicas e sistemáticas, para a avaliação de sinais de deterioração, tais como: descoloração, goteiras, apodrecimentos em áreas úmidas, aparecimento de fungos e ataque de insetos. A manutenção e os reparos têm por finalidade: remover sujeiras para evitar a formação de acúmulos de umidades, desentupir e limpar as calhas e os drenos de água, reparar coberturas e telhas, adicionar coberturas onde for necessário, e refazer acabamentos protetores no tempo adequado. Em relação ao tratamento preservativo, os produtos podem ser classificados como os penetrantes, os *stains*, e em alguns produtos à base de óleo, e formadores de película, no caso os vernizes, tintas e alguns produtos à base de água. Normalmente os penetrantes são mais utilizados, pois esses proporcionam acabamento quase imperceptível, preservando-se o aspecto natural da madeira (COSTA, 2018 apud *Forintek Canada Corporation*, 2003).

Casas de Madeira Roliça

A técnica construtiva das casas de madeira roliça acarreta como principal característica as paredes formadas por toras descascadas sobrepostas na horizontal, que desempenham, simultaneamente, papel estrutural e de vedação (COSTA, 2018). As toras podem ser utilizadas na forma circular, onde preserva seu aspecto natural ou na forma retangular, denominadas de falquejadas quando aparadas com machado ou serrotes. Estes

troncos possuem entalhes em pelo menos uma de suas faces com o objetivo de aumentar a constância das ligações entre as peças de madeira (COSTA, 2018 apud MARQUES, 2008).

As obras em madeira maciça, além do maior isolamento térmico apresentam também maior índice de isolamento acústico por ser a madeira um material poroso. Outra característica importante é que nas casas de madeira roliça, também denominadas de *log homes*, se submetidas a incêndio, propagarão as chamas com menor velocidade, pois as mesmas se propagarão de fora para dentro do tronco (COSTA, 2018).

Para execução da estrutura com madeira roliça não há necessidade do emprego de mão-de-obra especializada e a execução de sua construção faz-se verdadeiramente rápida. As estruturas projetadas com peças de madeira roliça apresentam grandes vantagens, quando comparadas com as de peças de madeira serrada e mesmo falquejada, estabelecendo uma sustentabilidade econômica e ambiental. No processo de industrialização das peças de madeiras roliças tratadas há uma grande redução de custo, pois se exige menor investimento em equipamentos e maquinários, possibilitando redução na mão-de-obra, menor consumo de energia e menos desperdícios dos recursos naturais e matéria prima. Durante os processos de cortes das madeiras serradas (Figura 1) há geração de resíduos da ordem de 60% a 70% da peça original, para garantir a planicididade das peças e, consequentemente, as peças estruturais apresentarão menores dimensões transversais, diminuindo a resistência e a rigidez da peça (BRITO, 2010 apud CALIL, 2007).

A madeira mais usada na construção das *log homes* é a da espécie pinus, devido à velocidade rápida de crescimento e facilidade do corte. Além de ser mais fácil de manuseá-la, quando se utiliza pinus há um alívio de carga nas fundações, por se tratar de uma madeira de baixa densidade (BRITO, 2010 apud CALIL, 2007).

Figura 1 – Comparativo de aproveitamento entre a Peça de Madeira Roliça e a Madeira Serrada.

Fonte: CALIL, 2007.

Para que haja um bom desempenho do material é necessário definir os requisitos de qualidade da madeira necessários ao uso pretendido (propriedades físicas e mecânicas, durabilidade natural, tratabilidade com produtos preservativos, fixação mecânica, etc). Sendo assim, há critérios essenciais para a escolha correta da espécie de madeira para evitar sua biodeterioração, sendo eles: a durabilidade natural do cerne, que se trata da sua resistência ao ataque de organismos xilófagos (insetos, fungos e perfuradores marinhos); tratabilidade, ou seja, quando o tratamento se faz necessário, a sua execução depende da impregnabilidade da madeira, que, da mesma forma que a durabilidade natural, é uma característica intrínseca da espécie botânica. Na medida em que a espécie proposta não é suficientemente tratável ou impregnável, não é possível ter certeza quanto ao seu tempo de vida útil. Mais vale, nestes casos, dar preferência à utilização de outra espécie, mais adequada como, por exemplo, o eucalipto (BRITO, 2010).

Manualmente, a casca dos troncos pode ser removida por uma ferramenta denominada de faca descascadora de árvores, ilustrada na figura 2. Industrialmente, os troncos são descascados em máquinas descascadora de duplo rolo com dentes. A serragem da madeira é feita com serra de fita. Estes dois equipamentos podem ser montados sobre módulos denominados de *skids* e carregados sobre caminhões para o campo onde ocorre o beneficiamento da madeira.

Figura 2 – Faca descascadora de árvores.

Fonte: *American Trails*, 2021.

Em relação à descrição das etapas da técnica construtiva, inicia-se com a escolha da fundação, pois, nas casas de madeira roliça, não existe um único método de construí-las. A escolha da fundação depende de alguns fatores como o tamanho da construção e o tipo de solo. A primeira fiada de toras precisa ser executada há pelo menos 15 centímetros de distância do solo, para evitar que a madeira entre em contato com a umidade (COSTA, 2018 apud MARQUES, 2008). Desta forma recomenda-se a utilização de uma fundação rasa denominada de *radier* sobre a qual será construída a casa.

Após a escolha do tipo de fundação para a execução da construção deve-se realizar a fixação da primeira camada de toras nessa fundação. Na questão de se edificar as

paredes das *log homes*, a norma para construções com tora, publicada pela *International Log Builder's Association* no ano de 2000, estipula que a espessura mínima da parede deve ser de 20 centímetros (COSTA, 2018). Há dois tipos de perfis de toras, os circulares e os retangulares, na qual cada um apresentara suas vantagens e desvantagens dependendo do tipo de necessidade da construção. Os perfis circulares dispõem de vantagens, como por exemplo, o fato de necessitarem de menos manuseio, pois preservam o formato natural dos troncos, trazendo consequentemente um menor tempo gasto na preparação do uso da madeira, acarretando em um custo mais baixo a esse perfil. Os perfis retangulares se encaixam mais facilmente porque as paredes serão planas, a instalação se torna mais fácil, porém sua desvantagem em relação ao outro perfil, é que sua espessura se encontra menor que o perfil circular devido à parcela de madeira que foi retirada durante o processo de serragem para transformar o tronco, que originalmente possuía formato circular, em perfil com faces retas (COSTA, 2018 apud LOG HUB, 2017). Os principais perfis de toras podem ser mais detalhados segundo o Quadro 1.

Quadro 1 - Principais perfis de toras no sistema log home

Perfil	Retangular	Circular Macho-fêmea	D	Circular com entalhe
Descrição	Toras com seus quatro cantos quadrados e possuem encaixe macho-fêmea.	Toras em formato circular nas laterais e encaixe macho-fêmea.	Toras arredondadas em uma das faces e planas na outra, com encaixe macho-fêmea.	Toras circulares com entalhe na base.

Fonte: *Cabin Life*, 2017.

Posteriormente para a escolha de perfil, haverá a necessidade de definir como serão feitas as ligações entre as toras. Existem inúmeras formas de se realizar estas ligações, e as mais comuns são apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Principais tipos de ligação no sistema log home

Ligação	Descrição
	Ligação *butt and pass*: o prolongamento das toras é alterado entre uma peça e outra.
	Ligação cauda de andorinha (*dove tail*): as peças são retangulares com as pontas cortadas de forma triangular.
	Ligação intertravada: o local onde será feita a ligação é cortado em faces planas, de modo que o encaixe permaneça rígido em todas as direções.
	Ligação com cantoneiras: as toras não se prolongam e os cantos são arrematados com uma tora disposta na vertical.
	Ligação intertravada por entalhe: são feitos entalhes na parte inferior da madeira e todas as toras se prolongam.

Fonte: *Cabin Life*, 2017.

As portas e janelas devem ser instaladas de forma que não fique nenhuma falha que possa permitir a troca de um ar com o exterior da residência. Ao realizar-se uma abertura para porta ou janela próxima a uma parede perpendicular, a distância entre tal abertura deve ser de no mínimo 25 centímetros acrescido de metade do diâmetro da parede, e a distância entre duas aberturas na mesma parede deve ser de pelo menos 92 centímetros (COSTA, 2018 apud *Log Building Standards*, 2000). Depois de realizadas as aberturas para portas e janelas é feito um entalhe nas toras ao longo de todo o comprimento da abertura, para que sejam instaladas as esquadrias, que podem ser fixadas apenas com encaixes, anéis de aço ou pinos de madeira mais dura (COSTA, 2018).

Casas de Madeira Serrada

As casas de madeira serrada são fabricadas com colunas de madeira às quais são fixadas tábuas nas posições horizontais ou verticais em relação ao piso. As casas com tábuas na posição horizontal são mais comuns, além de terem maior esteticidade. As casas

construídas com tábuas na vertical demandam vigas horizontais de suporte e ripas de fechamento sobre as tábuas para taparem as frestas, tornando as casas mais rústicas.

O desmembramento da madeira para casas de madeira serrada é feita em serrarias. Os troncos, depois de extraídos, são carregados para as serrarias e descascados. Em máquinas mais modernas os diâmetros e comprimentos dos troncos são medidos por laser e um software calcula os cortes e identificam quais são os produtos serrados resultantes. Posteriormente, estes produtos, vigas, caibros, sarrafos e tábuas são secos para atingirem a porcentagem de umidade denominada de “seco ao ar”, em torno de 12%. Na figura 3 é apresentada uma casa sendo construída com madeira serrada.

Figura 3 – Casa de Madeira Serrada.

Fonte: Chalé de Madeira, 2021.

Inicia-se a montagem das casas de madeira serrada com a execução da laje *radier*. A casa também pode ser construída com pilaretes sobre os quais é executada uma laje piso de madeira. Este sistema facilita a ventilação da madeira evitando o seu apodrecimento. Sobre a laje são fixados os pilares, as vigas e os montantes. Todos eles devem ser nivelados e aprumados apropriadamente para que a estrutura da casa não fique em desnível. Em seguida são fixadas as tábuas das paredes. Estas tábuas podem ser fabricadas com um lado longitudinal em forma de macho e o outro lado longitudinal em forma de fêmea para que possam ser encaixados uns nos outros, fechando completamente as frestas e assim impedindo a entrada de correntes de ar, poeiras e insetos. As tábuas formam um painel. Na face interna da casa podem ser colocadas tábuas em forma de macho e fêmea similarmente ao lado externo, formando assim uma dupla parede. No espaço interno desta dupla parede podem ser feitas as instalações elétricas e hidráulicas.

Para a cobertura, as vigas são as principais peças de sustentação da estrutura. Estas vigas são posicionadas e fixadas sobre os pilares das paredes. Sobre estas vigas são montadas as tesouras do telhado e sobre estas tesouras são montadas as terças que são vigas que suportam os caibros e as ripas para o assentamento das telhas cerâmicas. Os

caibros são peças que se apoiam sobre as terças para a sustentação das ripas. As ripas são peças que, pregadas aos caibros, servem para a sustentação das telhas. Um fato extremamente importante é que, entre a estrutura do telhado e as telhas é inserida uma manta de isolamento térmico, segundo Quintela (2007 apud PRECASA, 2000).

Para acesso e ventilação da casa são executadas aberturas para portas e janelas. Os batentes de portas e janelas são peças montadas em três partes: duas guarnições e um miolo. No contorno externo dos batentes, é criado um canal, entre as guarnições e o miolo para possibilitar o encaixe entre o conjunto do batente e as pranchas laterais às esquadrias. (QUINTELA, 2007).

A casa pode então receber o acabamento com a adição de forros, também com estrutura de tábuas com encaixe macho-fêmea. Os rodapés são peças de seção transversal que fazem o arremate entre a primeira prancha de parede e o piso, utilizados apenas em áreas internas e não úmidas. (QUINTELA, 2007).

Casas de *woodframe*

O *woodframe* 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 o conforto térmico e acústico, além de proteger a edificação das intempéries e também contra o fogo. O sistema *woodframe* também 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 utilidade da madeira, nesse caso, é 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. No Brasil, os projetos com estruturas baseadas em *woodframe* têm utilizado como matéria-prima o pinus e, em menor quantidade o eucalipto, ambas as espécies de reflorestamento, e que apresentam crescimento rápido, tendo uma grande área de florestas plantadas de pinus principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste, o que torna o sistema *woodframe* sustentável do ponto de vista de demanda. A madeira de pinus, por ser conífera é mais leve, não apresenta cerne e seu lenho é totalmente permeável ao tratamento preservativo, o que não ocorre com a maioria das madeiras nativas brasileiras e com o eucalipto que são folhosas (MOLINA, 2010).

Nos últimos anos, a indústria de painéis de madeira tem apresentado um forte crescimento, com grandes investimentos tecnológicos de forma a garantir competitividade

(KOKUBUN, 2014 apud BRASIL, 2007). Segundo Kukubun (2014 apud ZENID, 2009), “os painéis de madeira surgiram da necessidade de amenizar as variações dimensionais da madeira maciça, diminuir seu peso e custo e manter as propriedades isolantes, térmicas e acústicas”. A estrutura principal utilizada nas casas em *woodframe* é de madeira e distribui as cargas ao longo das paredes. E, 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*. Segundo Molina (2010), “nos pavimentos superiores das casas em *woodframe* são utilizados decks constituídos por chapas de OSB (*Orinteded Strand Board*) apoiadas sobre vigas de madeira geralmente com seções retangulares ou I (com mesas formadas por madeira maciça ou LVL (*Laminated Venner Lumber*) e alma de OSB ou compensado). 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 isolação acústica”. A chapa de OSB que compõe o deck funciona, neste caso, como contrapiso. Já, 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. Em relação à impermeabilização é colocado um piso frio com argamassa colante (MOLINA, 2010). A Figura 4 ilustra os detalhes dos pisos em casas de *woodframe*.

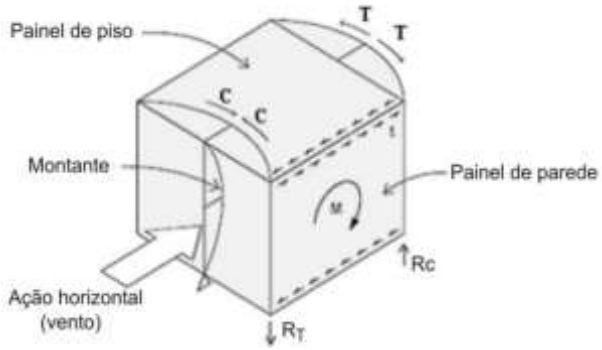
As paredes dos *woodframe* são compostas por montantes verticais de madeira, dispostos de acordo com os painéis de OSB. As ligações entre os elementos estruturais no painel são feitas na utilização de pregos, sendo que estes elementos metálicos de fixação devem ser galvanizados, para ter longa vida de serviço. Segundo a Revista *Téchne* (2009), no *woodframe*, são utilizados pregos do tipo ardox ou do tipo anelado que dificultam o arrancamento, especialmente em madeiras macias como as utilizadas nos painéis em *woodframe* (MOLINA, 2010).

Figura 4 - Pisos: (a) Detalhe do deck com chapa de OSB; (b) Detalhe do piso do primeiro pavimento.

Fonte: Sistema construtivo em *woodframe* para casas de madeira (MOLINA, Julio; JUNIOR, Carlito, 2010).

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. Propicio à rigidez das paredes e pisos nos seus planos, o *woodframe* 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 (MOLINA, 2010). O comportamento estrutural do *woodframe* sob a ação do vento é apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Comportamento estrutural do *woodframe* sob a ação do vento.



Fonte: Modificado da Revista *Téchne* (*LIGHT woodframe*..., 2008).

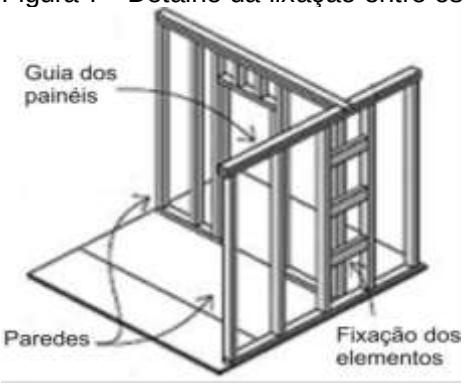
A figura 6 mostra os detalhes dos painéis de *woodframe* sendo produzidos na indústria e posteriormente no local da obra, e a figura 7 mostra os detalhes da fixação entre os painéis de parede do sistema em *woodframe*.

Figura 6 - Painéis *woodframe*: (a) Industrialização dos painéis; (b) Detalhes dos montantes verticais para fixação dos painéis.

(a) (b)

Fonte: Sistema construtivo em *woodframe* para casas de madeira (MOLINA, Julio; JUNIOR, Carlito, 2010).

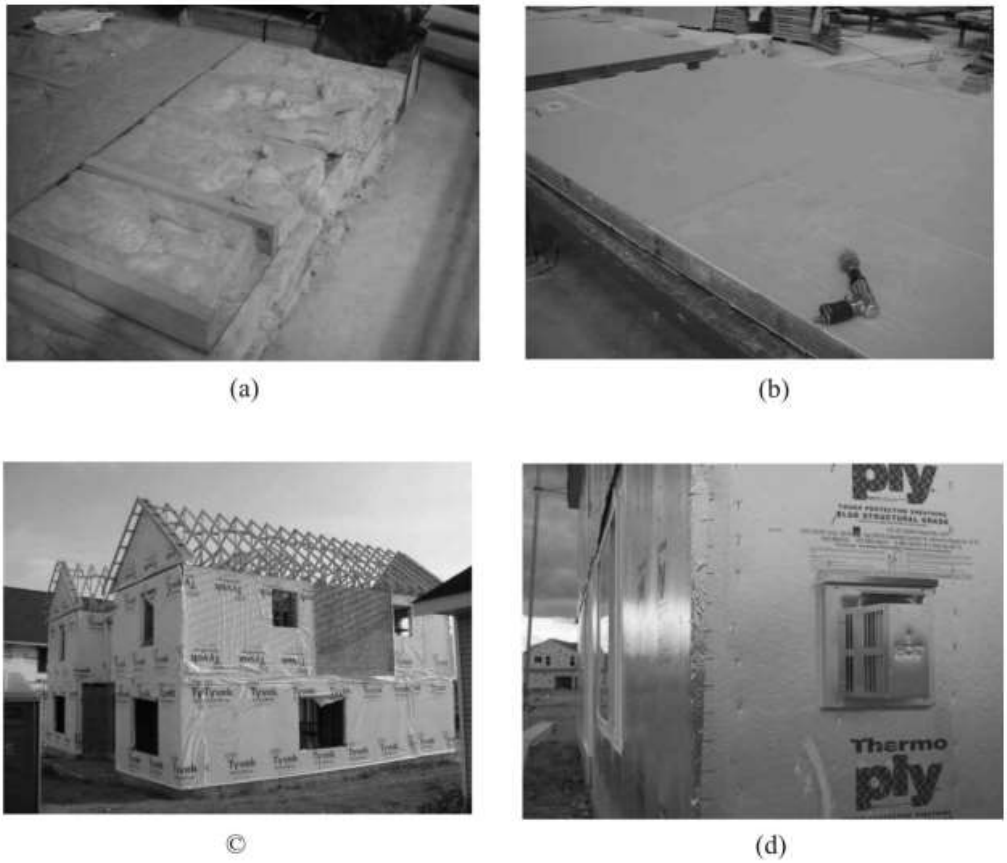
Figura 7 - Detalhe da fixação entre os painéis de parede.



Fonte: Sistema construtivo em *woodframe* para casas de madeira (MOLINA, Julio; JUNIOR, Carlito, 2010).

Os 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 especialmente para este sistema, mas também podem ser utilizados outros tipos de materiais como placas cimentíceas 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 funcionar como isolante térmico. Nas áreas expostas a água como, por exemplo, banheiro e cozinha são utilizadas placas cimentíceas com selador acrílico anti-fungo e pintura de resina acrílica pura, ou ainda placas de gesso acartonado revestidas com azulejo, e também há utilização nas paredes mecanismos que garantam a estanqueidade do sistema. Para melhorar o desempenho térmico e acústico do sistema são recorridas mantas de lã de vidro no interior dos painéis *woodframe* (MOLINA, 2010). A Figura 8 mostra os detalhes dos revestimentos e isolamentos utilizados nos painéis *woodframe*.

Figura 8 – Revestimento e preenchimento dos painéis. (a) Lã de vidro interna; (b) Massa cimentícea; (c) TYVEK para barreira hidráulica; (d) Isolante térmico.



Fonte: Sistema construtivo em *woodframe* para casas de madeira (MOLINA, Julio; JUNIOR, Carlito, 2010).

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 *woodframe* funcionam também como um sistema de contraventamento (ação diafragma) (MOLINA, 2010). A Figura 9 mostra os detalhes de contraventamento dos painéis.

Figura 9 - Contraventamento e detalhes da edificação. (a) Chapas de OSB externas; (b) Aberturas de portas e janelas.

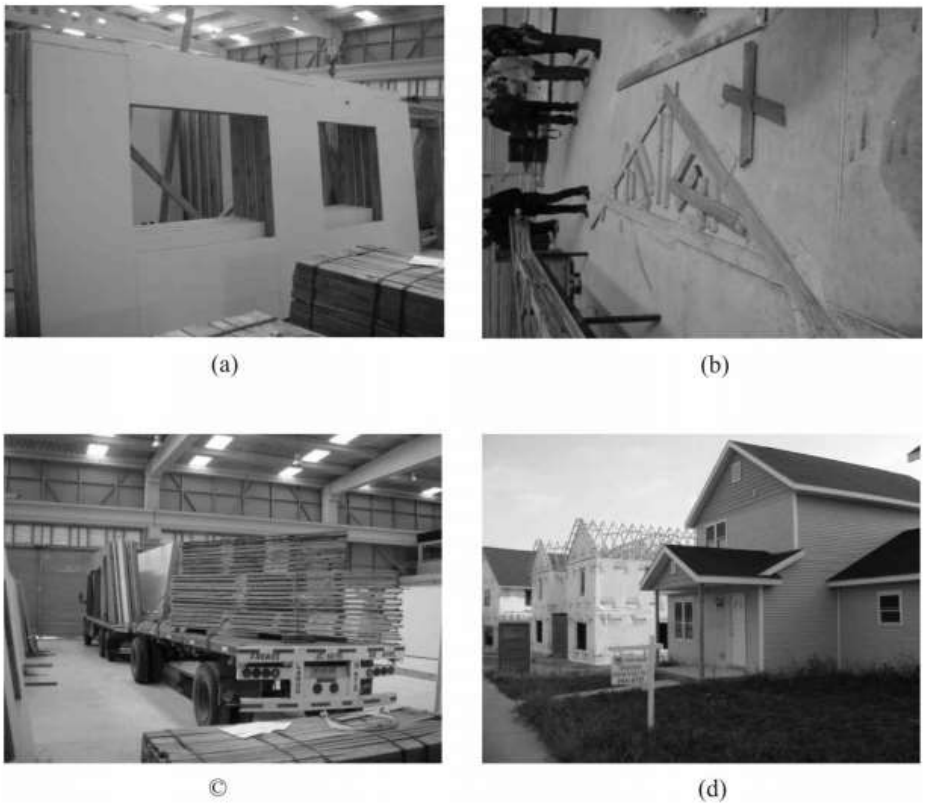
Fonte: Sistema construtivo em *woodframe* para casas de madeira (MOLINA, Julio; JUNIOR, Carlito, 2010).

O tratamento mais recomendado para *woodframe* 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.

No Chile como também na Alemanha praticamente todas as etapas de produção das casas em *woodframe* são feitas na indústria. A casa completa é então, posteriormente, transportada para montagem no local da obra (MOLINA, 2010). A Figura 10 mostra os detalhes do transporte indústria obra e da montagem das casas com painéis em *woodframe*.

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



Fonte: Sistema construtivo em *woodframe* para casas de madeira (MOLINA, Julio; JUNIOR, Carlito, 2010).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da madeira sempre esteve presente desde o inicio das primeiras construções das casas, como material para vedação ou componente arquitetônico, e principalmente peça estrutural. Acompanhando sua evolução, a mesma ao longo dos séculos acabou se adaptando às necessidades do homem, passando por diversas modificações tecnológicas que a tornaram um material com diversas utilidades que podem

ser potencializadas na indústria da construção civil. A partir do desenvolvimento tecnológico da madeira, surgiu-se um aperfeiçoamento de seus sistemas construtivos, - principalmente por se tratar de casas sustentáveis -, assim como o aumento da forma de utilização dessa matéria-prima visando facilitar a construção de uma residência tanto na parte da otimização do tempo, quanto na parte de diminuição dos resíduos sólidos, um dos maiores gargalos presentes na construção civil. Ou seja, pode-se concluir que o elevado potencial da madeira como material construtivo pode trazer novas possibilidades de melhorias na indústria da construção, e abrir mais a mente das pessoas sobre a importância da sustentabilidade, e sua forma de conscientizá-las de que todos os recursos naturais extraídos da terra são esgotáveis, e a poluição pode trazer consequências inimagináveis para o futuro do planeta.

REFERÊNCIAS

BETWAY INSIDER. *As principais revoluções industriais*. Disponível em: <https://blog.betway.com/pt/cassino/as-principais-revolu%C3%A7%C3%B5es-tecnol%C3%B3gicas-da-humanidade/>, acesso em: 10 abr. 2021.

BRAGANÇA CASAS – Madeira e Alvenaria Estrutural. *Madeira ou alvenaria*. Disponível em: <https://bragancacasas.eng.br/madeira-ou-alvenaria/>, acesso em: 29 ago. 2021.

BRITO, Leandro Dussarrat. *Recomendações para o projeto e construção de estruturas com peças roliças de madeira de reflorestamento*, 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2010.

CAVALCANTE, Zedequias Vieira; SILVA, Mauro Siqueira. *A importância da revolução industrial o mundo da tecnologia*. VII Encontro Internacional de Produção Cientifica. Centro Universitário de Maringá (CESUMAR), Editora CESUMAR, Paraná. v. 01, P. 01-06, 2011.

CHALÉ DE MADEIRA. Disponível em < https://chaledemadeira.com/chale/sistema-de-encaixe-casa-pre-fabricada/ >, acesso em 29 ago. 2021

COSTA, Thayná Geyssi Caldini. *Estudo sobre o sistema construtivo log home*. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, 2018.

FACA DESCASCADORA DE ÁRVORES. Disponível em <https://www.americantrails.org/resources/trail-tools-bark-peeling-tools>. Acesso em: 29 ago. 2021.

KOKUBUN, Yuri Endo. *O processo de produção de um sistema construtivo em painéis estruturais pré-fabricados em madeira*, 2014. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

MOLINA, Julio Cesar; JUNIOR, Carlito Calil. *Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira.* Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, PR, v. 31, n. 2, p. 143-156, jul./dez. 2010.

QUINTELA, Andrey de Souza. *Casas pré-fabricadas de madeira maciça*. 2007. Trabalho de

Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade São Francisco, Itatiba, SP, 2007.

SEBA, Carla Lopes Simonis. *Sustentabilidade na adoção de módulo estrutural em tora de eucalipto tratado com arseniato de cobre cromatado*. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Brasil, Fernandópolis, SP, 2019.

SELERE, C. R. M.; SILVA, D. C. D; BONFIM, F. S. *Sustentabilidade & Rentabilidade na Construção Civil.* São Paulo: UNIVEM, 2014.

VIEIRA, Arthur Alves. *Bioconstrução – Uma revisão bibliográfica do tema e uma análise descritiva das principais técnicas*. 2015. 10 f. (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade de Brasília, Planaltina, Distrito Federal, 2015.

Contatos: biancasilva090620@gmail.com e joao.gabriel@mackenzie.br.