

## O POTENCIAL DAS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS INDUSTRIALIZADAS EM MADEIRA NA HABITAÇÃO MÍNIMA E SUA VIABILIDADE EM CONSTRUÇÕES EMERGENCIAIS

Paula Mendes Thomaz Rimi (IC) e Célia Regina Moretti Meirelles (Orientador)

**Apoio: PIBIC CNPq**

### RESUMO

Diante da situação em que se encontram refugiados e vítimas de desastres naturais ao redor do mundo, é papel do arquiteto projetar de maneira sustentável, visando à elaboração de uma habitação emergencial resistente e confortável. A madeira é um material vantajoso nesse contexto, já que é reciclável, leve, de fácil manuseio e pode ser usada tanto como estrutura quanto como vedação. A seguinte pesquisa pretende discutir o uso da madeira industrializada em projetos de habitação mínima e sua aplicabilidade em construções emergenciais no Brasil e em diversos países. A pesquisa também tem como objetivo avaliar diferentes técnicas construtivas industrializadas em madeira, comparando-as e apresentando suas respectivas vantagens e desvantagens. Para tanto, dois estudos de caso foram analisados. O primeiro foi o conjunto de habitação popular *50 Modular Timber Apartments*, do escritório francês PPA, que emprega painéis de *Cross Laminated Timber (CLT)* em sua construção. O segundo foi a casa modelo da ONG TETO, que se enquadra no sistema *Wood Frame*. A análise das edificações mostrou que, apesar do custo elevado, o CLT é uma técnica construtiva adequada para situações emergenciais. Com exceção de suas características mais efêmeras, o uso do *Wood Frame* na Casa da ONG TETO ainda é uma alternativa recorrente em países latino-americanos em circunstâncias emergenciais.

**Palavras-chave:** Industrialização, madeira, habitação mínima.

### ABSTRACT

Faced with the situation of refugees and victims of natural disasters around the world, it is the architect's role to design in a sustainable way, aiming at the elaboration of a durable and comfortable emergency housing. Wood is an advantageous material in this context, since it is recyclable, lightweight, easy to handle and can be used both as structure and as fence. The following research intends to discuss the use of industrialized wood in minimal housing projects and its applicability in emergency constructions in Brazil and in other countries around the world. The research also aims to evaluate different industrialized constructional techniques in wood, comparing them and presenting their respective advantages and disadvantages. For that, two case

studies were analyzed. The first was the popular housing suite 50 Modular Timber Apartments, from the French office PPA, which uses panels of Cross Laminated Timber (CLT) in its construction. The second was the model house of the TETO NGO, which is part of the Wood Frame system. The analysis of the buildings showed that, despite the high cost, the CLT is a constructive technique appropriate to emergency situations. Despite its more ephemeral characteristics, the use of the Wood Frame in the House of the TETO NGO is still a recurrent alternative in Latin American countries in emergency circumstances.

**Keywords:** Industrialization, wood, minimum house.

## 1. INTRODUÇÃO

A *International Organization for Migration* (2016) estima que entre os meses de “Janeiro e Abril de 2016, 177.207 refugiados chegaram ao Mediterrâneo pelo mar”. Segundo relatório da *The UN Refugee Agency* (2015), a Jordânia abriga “638.383 migrantes” em campos de refugiados. Recentemente, o terremoto ocorrido no Equador em 2016 e o desastre natural de Mariana em 2015 deixaram várias pessoas em necessidade de abrigo. Diante da atual conjuntura em que se encontram os refugiados e as vítimas de desastres naturais ao redor do mundo, é dever do arquiteto fornecer soluções em longo prazo na reconstrução em situações pós-desastre. Por conta da permanência prolongada dos migrantes em campos de refugiados ou mesmo em habitações provisórias em locais submetidos a desastres naturais, é necessário projetar abrigos resistentes e de caráter sustentável. A madeira classifica-se como um material dentro desses parâmetros: é reciclável, leve, de fácil manuseio e pode ser usada tanto como estrutura quanto como vedação.

O presente trabalho tem por finalidade, portanto, colocar em discussão o emprego da madeira industrializada em face ao que hoje se estabelece como arquitetura ambiental, econômica e socialmente responsável. Para esse fim, o estudo do uso da madeira em habitações mínimas e sua aplicabilidade em projetos de construções emergenciais no Brasil e em demais países será conduzido nesta pesquisa, dado o papel significativo do material no contexto da construção civil ao longo da história e seu grande potencial de desenvolvimento futuro.

A Cúpula da Terra do Rio de Janeiro realizada em 1992 (Eco-92) estabeleceu a Agenda 21, que determina diretrizes para o desenvolvimento sustentável e aponta a utilização da madeira como uma alternativa natural e renovável (Organização das Nações Unidas, 1992). No Brasil, a madeira tropical caracteriza-se como um material de alta resistência paralela às fibras por conta de sua densidade próxima ou superior à  $1t/m^3$  e por ser mais isenta ao ataque de fungos. Logo, seu uso na construção civil é recomendado.

Dentro das premissas apresentadas, um dos principais objetivos da pesquisa é identificar técnicas construtivas industrializadas em madeira e como as mesmas podem ser aplicadas em construções de cunho emergencial. Para tanto, o estudo visa investigar projetos arquitetônicos reconhecidos de habitação mínima em madeira e avaliar sua eficiência em quesitos como nível de industrialização e facilidade de montagem.

A comparação entre diferentes tipos de técnicas construtivas pré-fabricadas também está entre os propósitos da pesquisa. Segundo Folz (2005, p.95), a industrialização da habitação mínima é uma “forma de reduzir o período de construção e, conseqüentemente, seus custos”. Além disso, configura-se como “um dos temas essenciais no debate de novos programas habitacionais para famílias de baixa renda” (FOLZ, 2005, p. 95).

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Em seu livro denominado “Bauhaus: Nova Arquitetura” – publicado inicialmente nos Estados Unidos com o título de “*Scope of total architecture*”, em 1955 – Walter Gropius (2011) destaca a importância da industrialização na arquitetura no início do século XX:

“A nova meta seria a produção industrial em larga escala de casas de moradia, que seriam fabricadas, não mais no canteiro de obra, mas dentro de fábricas especiais em partes isoladas passíveis de montagem.” (GROPIUS, 2011, p. 191).

Ainda de acordo com Gropius (2011), a construção industrializada permitiria a redução de gastos por meio da “construção a seco”. Bruna (2002) define a industrialização como “essencialmente associada aos conceitos de organização e produção em série”, levando em consideração as relações de montagem e a mecanização dos meios de produção. O autor também afirma que a pré-fabricação é a melhor definição para se referir à industrialização na arquitetura, pois consiste na produção de um “número qualquer de unidades projetado e executado para um fim específico” (BRUNA, 2002, p.19).

Além de aperfeiçoar os processos construtivos, a pré-fabricação na arquitetura configura-se como ecológica. Gauzin-Müller (2011) foca no aspecto sustentável da industrialização ao defender que a padronização é favorável à baixa do consumo de energia e oferece a vantagem da diminuição de custos e prazos. Na pré-fabricação, “a repetição facilita a otimização do material”, bem como a melhoria da qualidade dos elementos e detalhes construtivos (GAUZIN-MÜLLER, 2011, p. 129). Esse método construtivo também oferece melhores condições aos trabalhadores envolvidos e os resíduos gerados são mais facilmente geridos.

O efeito estufa pode ser reduzido por meio do uso da madeira na construção e na industrialização. A principal causa do efeito estufa é o aumento da taxa de CO<sup>2</sup> na atmosfera. Durante o crescimento das árvores, o CO<sup>2</sup> é incorporado para a formação da celulose e da lignina e, portanto, há o aprisionamento do gás carbônico. Com o uso

da madeira em edificações, o lançamento de CO<sup>2</sup> para a atmosfera é prorrogado. Como destaca Aflalo (2011), a

“(...) industrialização aparece como importante fator no aproveitamento integral da matéria-prima madeira, sendo transformada em lâminas e painéis. (...) A industrialização também supre o lado social do tripé sustentável, uma vez que requer mão de obra treinada e qualificada para as operações, diminuindo a informalidade e gerando oportunidades de crescimento profissional” (AFLALO, 2011).

Um dos materiais mais abundantes e presentes em construções vernaculares em todo o mundo é a madeira. A arquitetura japonesa, por exemplo, desenvolveu-se tendo a madeira como principal matéria prima (SEIKE, 1977). Segundo Seike (1977), por conta do uso intenso desse material, os carpinteiros tradicionalmente utilizam madeiras de baixa qualidade em suas obras, evitando que as madeiras mais resistentes e raras fossem extintas. A baixa qualidade da madeira pede melhores encaixes, e por isso, foi desenvolvida a técnica apurada de encaixes japoneses.

A arquitetura tradicional japonesa sempre demonstrou a preocupação com proporções e modulações. De acordo com Seike (1977), a ordem arquitetônica que exprime o ideal padrão de proporções é o “*kiwari*”, técnica construtiva desenvolvida a partir do período Nara (646-794). Segundo essa ordem, um dos módulos utilizados seria o “*tatame*”, feito de uma trama natural. As dimensões dessa modulação podem variar, porém a proporção mais usada é a de 2:1.

O conceito de “*ma*” é fundamental para a cultura japonesa. Significa o espaço necessário para que algo exista. Um módulo estritamente relacionado ao conceito de “*ma*” era a distância entre pilares, ou “*Ken*”. Essa medida é fundamental, porém variável: inicialmente um “*Ken*” equivalia a “300 cm”, mais recentemente, equivale a “180 cm” (SEIKE, 1977). As dimensões da casa japonesa também eram definidas de acordo com as atividades cotidianas. Esse aspecto demonstra a preocupação da construção da habitação popular. Os encaixes da casa e suas funções sempre eram pensados *a priori*.

Não existia um pensamento industrial, contudo, as construções eram pensadas de acordo com os materiais disponíveis pela natureza, seus desígnios e suas atividades cooperativas (ROSA, 2006). A arquitetura japonesa prova que o uso racionalizado da madeira é usualmente associado ao pensamento modular e à produção de peças antes de sua montagem.

No século XIX, o sistema leve de madeira, ou *Wood Frame*, é desenvolvido na América do Norte. Segundo Roselló (2002), nesse sistema, os elementos estruturais e os elementos de vedação são os mesmos. O edifício configura-se como uma estrutura

espacial portante formada por peças de dimensões pequenas, próximas entre si. Conforme Martitegui (2002), o *Wood Frame* caracteriza-se como um sistema modulado e foi a origem dos atuais métodos de pré-fabricação em madeira.

Duas categorias de sistema leve foram elaboradas nos Estados Unidos: o *Balloon Framing*, onde os montantes das paredes exteriores são contínuos e formam a altura total do edifício, e o *Platform Framing*, caracterizado pelos montantes com altura de um piso apoiados sobre a parede do piso inferior. A técnica do *Platform Framing* é mais utilizada atualmente por seu processo de construção ser mais racional e rápido – em plataformas, de baixo para cima. Consequentemente, tornou-se um processo industrializado.

Os arquitetos modernistas do início do século XX foram pioneiros em associar a construção de habitação mínima à industrialização (FOLZ, 2005, p. 109). Conforme Pereira (2010) a escola alemã Bauhaus, fundada em 1919, estabeleceu uma vertente de estudos sobre as condições mínimas de existência: o *Existenzminimum*. Logo, “a moradia é a soma de elementos funcionais mínimos de ordem inferior (banheiros, cozinhas, dormitórios, etc.) necessários para acomodar uma família” (PEREIRA, 2010, p. 238). Entre 1927 e 1930, sob o comando de Hannes Meyer, a preocupação social da Bauhaus é mais evidente, pois a produção em massa e o modelo “standart” começam a ser idealizados.

Grohe (2002) cita que Konrad Wachsmann, juntamente com Walter Gropius, concebeu entre os anos de 1941 e 1949 o sistema modular conhecido como *General Panel System*. Nesse sistema, os componentes eram produzidos em grande escala e a montagem era previamente pensada, visando diminuir custos e desperdícios na obra. Configurava-se como um “sistema fechado”, ou seja, não era possível trabalhar com as peças individualmente.

Na década de 1940, o *General Panel System* não se consagrou tanto quanto o *Platform Framing*, porém as técnicas desenvolvidas por Wachsmann e Gropius são as bases da industrialização atual. De acordo com Martitegui (2002), os sistemas de produção contemporâneos são informatizados, fator que possibilita a fabricação de elementos individuais adaptados à contextos específicos, mantendo o princípio de produção em larga escala.

Segundo Junior e Molina (2010), em países da “como Canadá, EUA, Japão e Alemanha”, o sistema *Wood Frame*, é adotado com qualidade.

“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” (JUNIOR, MOLINA, 2010, p.145).

Nos últimos vinte anos, países Sul-Americanos como o Chile e Venezuela passaram a empregar painéis *wood frame* ou *steel frame* na indústria de casas populares (JUNIOR, MOLINA, 2010). A construção em madeira industrializada no Brasil despontou no ambiente arquitetônico paulista nos anos 1980. Segundo Wisnik (2011, p. 43),

“(…) a possibilidade de uso da madeira, dentro de um sistema industrializado, porém flexível, certamente surgiu como uma alternativa de racionalização, por um lado, e de liberdade criativa, por outro, amparando uma abertura de perspectivas no campo das experimentações arquitetônicas” (WISNIK, 2011, p.43).

Desde então, Marcos Acayaba e Eduardo de Almeida, que já eram experientes e trabalhavam com a arquitetura brutalista, empregaram a técnica construtiva em habitações unifamiliares de alto custo (WISNIK, 2011, p.43). Com o desenvolvimento da indústria de tratamento de madeira no Brasil, arquitetos como Silvio Sant’Anna e o escritório Andrade Morettin executam projetos residenciais com metragem menor e custos reduzidos.

### **3. METODOLOGIA**

**a) Pesquisa bibliográfica:** A primeira etapa do estudo consistiu na determinação de suporte teórico. Como a questão da industrialização foi o cerne da pesquisa, o livro “Arquitetura, Industrialização e Desenvolvimento” de Paulo J. V. Bruna possibilitou definir a pré-fabricação e sua situação no contexto brasileiro. O livro de Walter Gropius “Bauhaus: Nova Arquitetura” também serviu como apoio para examinar a prática industrial na habitação mínima.

A 13ª Edição da Revista “Tectónica” e o livro “Timber Construction Manual” viabilizaram a melhor definição das técnicas industrializadas em madeira utilizadas até hoje. O uso da madeira no Brasil também foi destacado por meio de livros como “Madeira como Estrutura: A História da ITA”. Manuais relacionados ao material CLT e à técnica construtiva *Wood Frame* foram igualmente empregados para conceituar as visitas de campo.

Outra frente importante da pesquisa foi a conceituação de habitação mínima e habitação emergencial. Para tanto, foi utilizado o livro “Introdução à História da Arquitetura” de José Ramón Alonso Pereira. Outra base utilizada foi o artigo “Industrialização da Habitação Mínima: Discussão das Primeiras Experiências de Arquitetos Modernos – 1920-1930” da autora Rosana Rita Folz.

**b) Visita de campo:** A partir do levantamento teórico relacionado ao tema da pesquisa, foram feitas visitas de campo. A primeira foi realizada à fábrica da *Crosslam* em Suzano no estado de São Paulo, única empresa que produz os painéis de CLT no Brasil.

Também foi realizado o acompanhamento à descarga de peças para a construção de casas da ONG TETO na comunidade Gênesis em Campinas. Juntamente à essa visita, foi feita uma entrevista à Coordenadora de Construções da ONG, Camila Darwiche e à participante da Equipe de Projetos de Moradia de Emergência, Juliana Vivacqua.

**c) Seleção e estudo de caso de obras arquitetônicas:** Com os dados da pesquisa bibliográfica e das visitas de campo, foi possível selecionar duas obras arquitetônicas:

- **50 Modular Timber Apartments, do escritório francês PPA;**
- **Casa modelo da ONG TETO;**

**d) Redesenho digital das obras selecionadas:** Após a escolha das obras arquitetônicas, foi feito o redesenho das mesmas utilizando o software SketchUp.

**e) Discussão dos resultados:** Nessa etapa, foi elaborada a análise comparativa entre as obras arquitetônicas. Uma tabela contrapondo os graus de industrialização dos dois estudos de caso foi produzida. A partir do redesenho dos estudos de caso, foram avaliados aspectos como técnica construtiva, uso ou não de grua, tempo de montagem, processo aberto ou fechado, grau de industrialização e dimensões.

#### **4. RESULTADO E DISCUSSÃO**

Segundo *Folz* (2005, p.97), há dois processos de produção industrializada na construção de uma residência: “a produção da casa como uma unidade”, um sistema fechado; e a produção de partes separadas que, combinadas de maneiras distintas, formam resultados variantes, ou um sistema aberto. As obras arquitetônicas a seguir foram selecionadas em função de seu grau de industrialização ou pré-fabricação.

##### **50 Modular Timber Apartments, do escritório francês PPA**

O CLT, ou *Cross Laminated Timber*, consiste em um painel estrutural maciço com capacidade portante, produzido a partir de lâminas grossas intercaladas. Suas dimensões dependem dos fabricantes, mas a configuração mais usual são painéis de

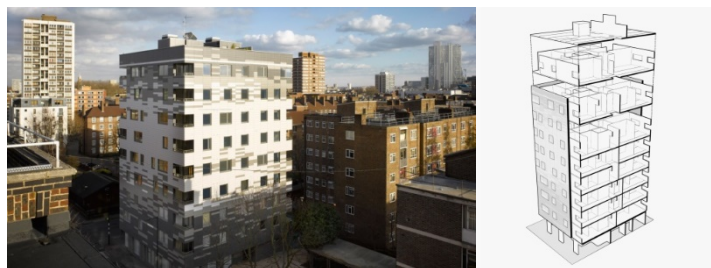


3 metros por 18 metros com espessuras variáveis de 5 a 25 centímetros. Segundo Passarelli (2013), os sistemas construtivos que empregam o CLT foram desenvolvidos na Áustria e introduzidos no mercado por volta de vinte anos atrás. Hoje, os painéis de *Cross Laminated Timber* são o segundo produto em madeira industrializada mais vendido na Europa Central.

Segundo o manual da CROSSLAM (2016, p.03), os painéis produzidos em CLT “consistem na sobreposição de camadas de lâminas de madeira maciça coladas em sentidos opostos e alternados, entremeadas de adesivo estrutural e à prova d’água e submetidas à grande pressão”. Em geral cada painel é composto de “número ímpar de camadas cruzadas e perpendiculares (3, 5 ou 7)” (CROSSLAM, 2016).

Os painéis de CLT são eficientes quanto à estrutura por conta da justaposição de lamelas, já que ocorre a “distribuição de força ao longo das fibras da madeira em ambos os sentidos”. Esse fator minimiza a “retração ou deformação dos painéis” de madeira que ocorre normalmente na secagem. Um ganho importante com essa técnica na arquitetura é que os “painéis suportam grandes cargas, permitindo edificações com alturas elevadas” (CROSSLAM, 2016, p.03).

Um exemplo do emprego do CLT em construções habitacionais com grande número de pavimentos é o Edifício Murray Groove, localizado no distrito de Hackney em Londres. O edifício é uma construção habitacional para múltiplas famílias com nove pavimentos, que foi montada em 28 dias com mão-de-obra reduzida, totalizando em quatro carpinteiros e um operador de guindaste. Esse caso demonstra o potencial da técnica construtiva que emprega a pré-fabricação: como os elementos construtivos em CLT são fabricados *off-site*, a montagem é facilitada e o desperdício de materiais no canteiro é reduzido (WAUGH THISTLETON ARCHITECTS, 2009).



**Figura 1. Edifício Murray Groove. Fonte: WAUGH THISTLETON ARCHITECTS, 2009.**

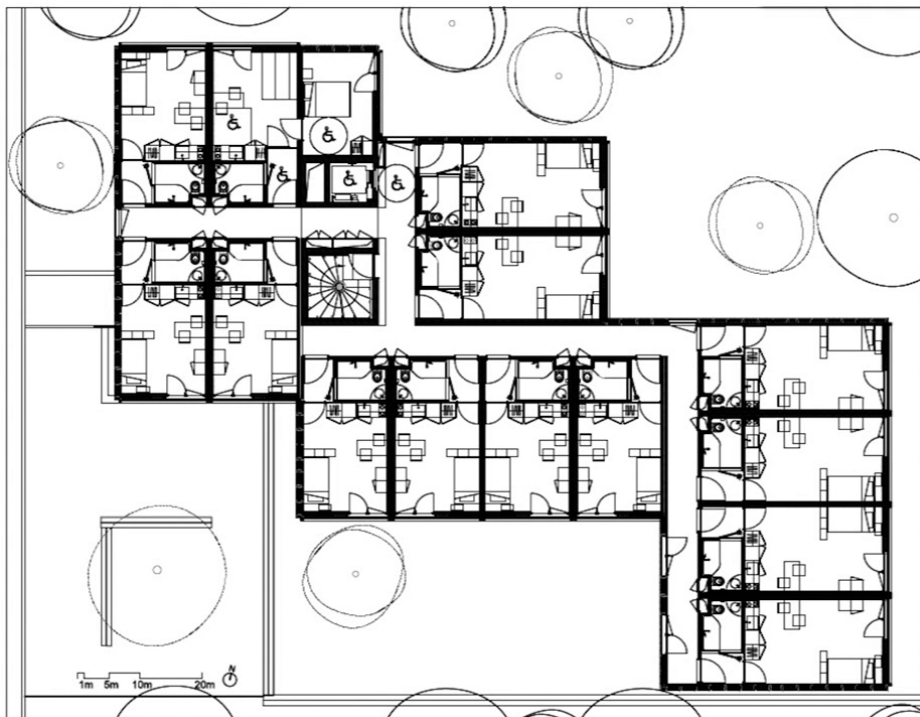
O estudo de caso em CLT selecionado é o projeto *50 Modular Timber Apartments*, do escritório francês *PPA*. O projeto é de 2015 e foi solicitado pela empresa francesa *Adoma*, dirigente de construções de cunho social na França. O fornecimento de CLT foi responsabilidade da empresa *Woodeum*. A obra consiste em

um edifício formado por módulos habitacionais de “2,95 metros por 6 metros empilhados”, resultando em uma construção de três pavimentos. O pé direito dos módulos é de 2,95 metros (ARCHDAILY, 2016).

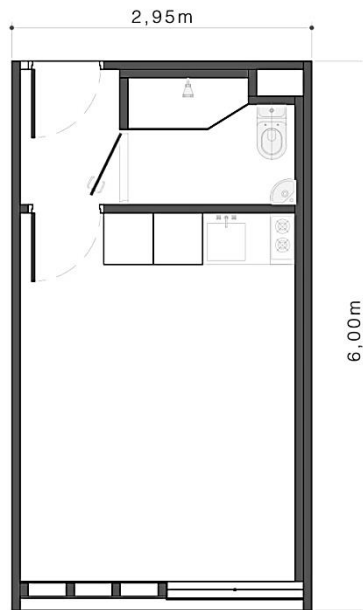


**Figura 2. 50 Modular Timber Apartments. Fonte: PHILIPPE RUAULT.**

Os painéis fabricados pela empresa *Woodeum* possuem dimensões estabelecidas de 16 metros de comprimento e 2,95 metros de largura. Para o projeto em questão, foram utilizados painéis de CLT de 5 camadas, com 0,1 metro de espessura (WOODEUM, 2017).

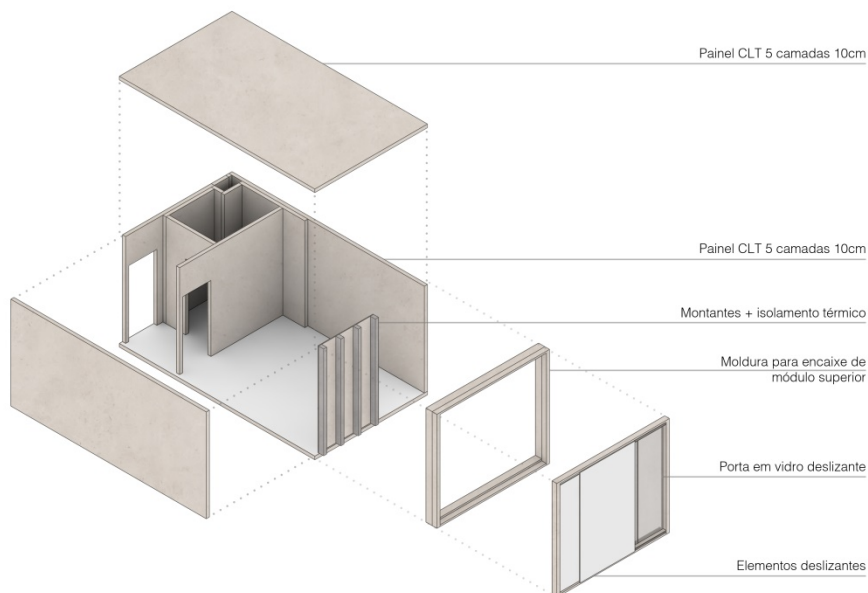


**Figura 3. Planta pavimento tipo. Fonte: ADOMA, 2015.**



**Figura 4. Planta de um apartamento. Fonte: Redesenho pela autora.**

Na extremidade do módulo que é voltada à área externa, há um painel formado por montantes e duas camadas de compensado. Há também painéis deslizantes, para controlar a iluminação natural. Uma camada de manta impermeabilizante em metal é utilizada na parte externa em todo o edifício. As conexões entre peças são feitas a partir de chapas metálicas perfuradas (ARCHDAILY, 2016).



**Figura 5. Perspectiva Isométrica explodida da cápsula. Fonte: Redesenho pela autora.**



**Figura 6. Montagem da cápsula em fábrica. Fonte: PYRÉNÉES CHARPENTES.**

**Figura 7. Detalhe de fixação entre placas com chapa metálica. Fonte: WOODEUM, 2015.**

A montagem do projeto ocorreu em 10 dias, visto que os módulos habitacionais já eram produzidos em fábrica antes de serem transportados para o sítio. As cápsulas desenvolvidas para o projeto foram instaladas por meio de guias (ARCHDAILY, 2016). O processo construtivo tem um alto grau de industrialização e enquadra-se em um sistema semifechado de produção da moradia, pois os módulos habitacionais foram gerados a partir de um padrão (FOLZ, 2005, p. 101).



**Figura 8. Processo de montagem *in loco* com o uso de guias. Fonte: ADOMA, 2015.**

A pré-fabricação no caso dessa obra não possibilita a mudança de paredes estruturais. Os módulos possibilitam a customização do layout interno, porém a estrutura não pode ser modificada. Apesar desse fato, o projeto “permanece ainda substancialmente no estágio em que os processos de repetição do tipo icástico são dominantes” (BRUNA, 2002, p. 26).

## Casa TETO

Segundo o *Briefing* Institucional da ONG, “TETO é uma organização não governamental atuante na América Latina e Caribe que busca a garantia de moradia e direitos civis de populações que vivem em situações precárias” (TETO, 2016). Sua formação ocorreu no ano de 1997 no Chile, com o intuito de auxiliar desabrigados de desastres naturais. Em paralelo, a ONG desenvolve Programas Sociais que amparam os moradores e auxiliam-nos na adaptação às moradias. A ONG foi introduzida no Brasil em 2006, mais especificamente na cidade de São Paulo (TETO, 2016).

A técnica empregada na construção das habitações emergenciais do TETO tem como base o conceito de construção a seco. Portanto, grande parte dos elementos constituintes das casas é pré-fabricado antecipadamente em indústria e montado no local da obra, o que simplifica e agiliza a construção. O processo construtivo empregado é um sistema leve em madeira e tem como base o sistema *Wood frame*.



**Figura 9. Casas do TETO construídas em comunidade carente. Fonte: TETO, 2016.**

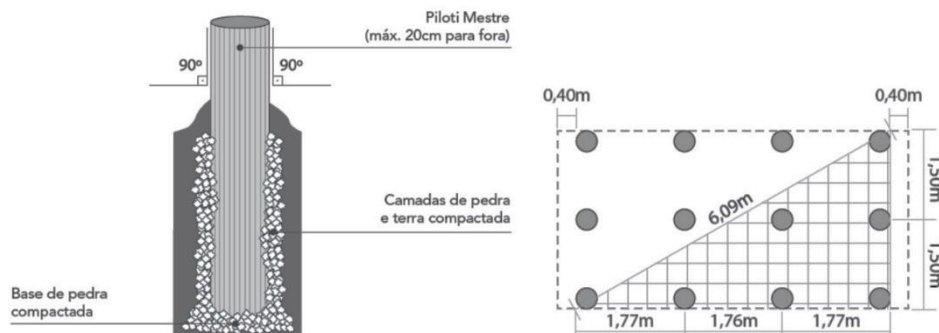
Existem dois tipos de habitações montadas pela ONG: “a casa menor tem dimensões de 3 metros por 4 metros com área de 12 m<sup>2</sup> e a maior de 3 metros por 6 metros com área de 18 m<sup>2</sup>” (TETO, 2017). Todos os materiais necessários para a construção das casas são fornecidos pelo TETO e transportados antecipadamente para o local de construção (TETO, 2017). Para iniciar a atuação nas comunidades carentes, a organização TETO elabora um diagnóstico socioeconômico e demográfico e aplica dinâmicas de grupo participativas, para que os moradores identifiquem as deficiências do local onde residem. Nessa etapa, a comunidade é estudada a fim de determinar a viabilidade da construção das casas (TETO, 2016).



**Figura 10. Descarregamento de peças na comunidade Gênesis, Campinas, São Paulo.**

**Fonte: Fotos da autora.**

Segundo Manual de Construção das casas produzidas pelo TETO (TETO, 2017), a montagem é iniciada pelo posicionamento dos pilotis. Conforme observado em visitação *in loco*<sup>1</sup>, os pilotis ou pilares, consistem em toras de eucalipto. A fixação dos mesmos deve ser executada com precisão, já que esses elementos não são industrializados e podem acarretar em desnivelamentos em etapas posteriores. De acordo com entrevista aplicada a uma das colaboradoras da ONG<sup>2</sup>, esse é um fator a ser aprimorado pela Equipe de Projetos e Moradia de Emergência.

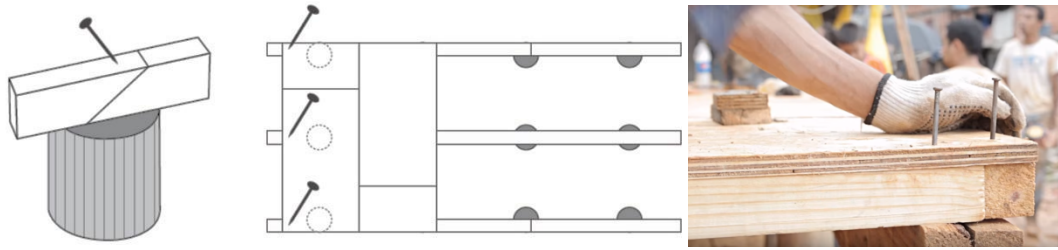


**Figura 11 - Fixação dos pilotis. Fonte: TETO, 2017.**

Após a fixação dos pilotis, as vigas de piso são posicionadas e pregadas. As bordas desses elementos são chanfradas, possibilitando um encaixe mais apurado. As vigas são posicionadas em três linhas, seguindo as fileiras de pilotis (TETO, 2017). Depois dessa etapa, os painéis de piso “são posicionados e alinhados sobre as vigas do embasamento”, estes são fixos nas vigas por meio de pregos (TETO, 2017, p. 10).

<sup>1</sup> Visita realizada à Comunidade Gênesis em Campinas, São Paulo no dia 24/06/2017.

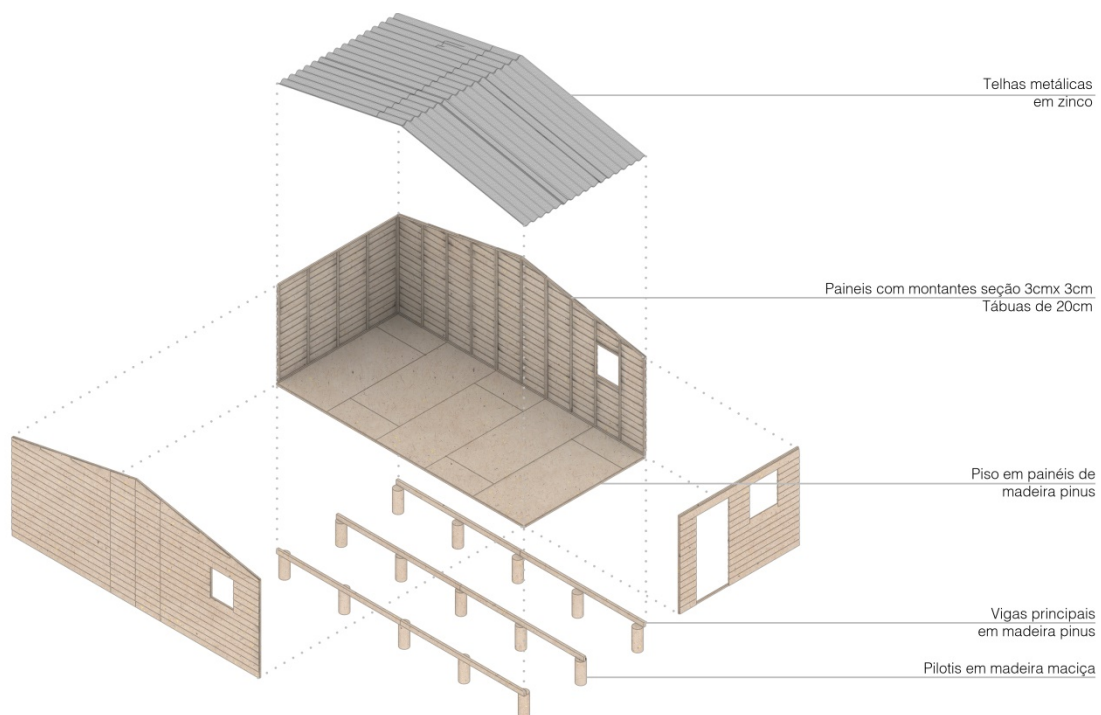
<sup>2</sup> Entrevista à participante da Equipe de Projetos de Moradia de Emergência, Juliana Vivacqua.



**Figura 12. Fixação de vigas de piso e painéis de piso. Fonte: TETO, 2017.**

**Figura 13. Fixação de painéis de piso. Fonte: TETO, 2016.**

Depois de travada toda a estrutura do piso, os painéis de parede são alocados e pregados na estrutura do piso e entre os mesmos. Os painéis tanto de piso quanto de parede são em madeira Pinus e industrializados pela empresa “Mart Madeira”. É montado um quadro de pinus estrutural com montantes na vertical, sobre o qual são fixadas as régulas de vedação e revestimento na horizontal. Essa forma de posicionamento das tábuas permite a manutenção e, portanto, maior durabilidade da casa, diferentemente se as régulas de vedação fossem posicionadas na vertical.

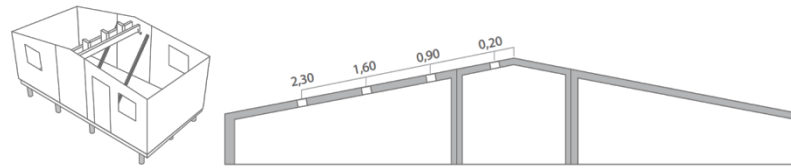


**Figura 14. Perspectiva isométrica explodida da Casa Grande.**

**Fonte: Redesenho pela autora.**

Após a fixação dos elementos verticais, a viga mestra da cobertura é posicionada e travada no ponto mais alto e central da casa. Depois, é montada a cobertura onde são posicionadas vigas secundárias levemente inclinadas para permitir

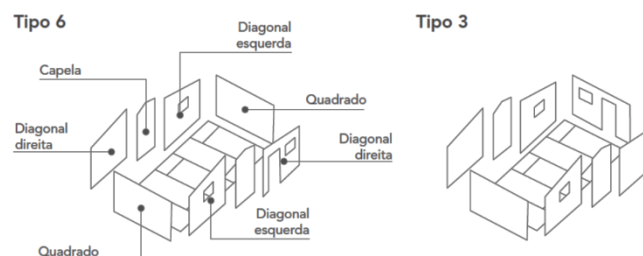
a queda das águas pluviais, sobre estas são presos os caibros. A manta térmica é alocada por cima desses elementos. Por fim, a telha em zinco é fixada.



**Figura 15. Viga mestra inserida nos painéis de parede e posicionamento dos caibros. Fonte: TETO, 2017.**

Toda a montagem das casas é feita com o auxílio de voluntários treinados e membros da comunidade a partir de um manual elaborado pela própria instituição. Não há o uso de guas ou de qualquer outra máquina para a construção das casas. A construção das casas leva em média dois dias. No primeiro dia, são instalados os pilotis, vigas de piso e painéis de piso; no segundo dia, a construção é finalizada. O custo total da casa é de “R\$6.500,00”, porém é cobrado um “valor simbólico” das famílias, equivalente a “R\$200,00” (TETO, 2017).

De acordo com entrevista realizada com uma das colaboradoras da ONG<sup>3</sup>, diferentes tipologias de casas podem ser escolhidas pela família para qual a residência é montada. Por exemplo, a casa grande pode ter duas variantes: Tipo 6, com porta na lateral da casa; e Tipo 3, com porta na frente da casa. Ainda segundo entrevista<sup>3</sup>, essas exigências são detectadas em um questionário preliminar aplicado pelos voluntários aos habitantes das comunidades. Hoje a ONG possui quatro tipos de estruturas entre as quais as famílias podem optar. Conseqüentemente, as peças encomendadas à indústria “Mart Madeira” dependem do pedido das famílias. Nesse caso, há possibilidade de customização e o sistema configura-se como aberto (FOLZ, 2005).



**Figura 16. Dois tipos de Casa Grande. Fonte: TETO, 2017.**

Segundo Grohe (2002, p.28), os sistemas abertos são mais difundidos atualmente na industrialização da madeira, pois “oferecem uma grande flexibilidade no

<sup>3</sup> Entrevista à participante da Equipe de Projetos de Moradia de Emergência, Juliana Vivacqua.



que se refere ao uso individualizado ou em combinação com outros sistemas”. Esse arranjo é visível nas casas do TETO, pois apesar de se constituírem como um sistema de pré-fabricação aberto, não são totalmente industrializadas e são produzidos a partir de uma modulação.

### Comparação entre os sistemas

A partir do redesenho de ambas as obras em madeira industrializada, foi possível a elaboração da seguinte tabela:

**Tabela 1. Tabela comparativa entre os estudos de caso. Fonte: Elaborada pela autora.**

	<i>50 Modular Timber Apartments</i>	Casa TETO
Técnica construtiva	<i>Cross Laminated Timber</i>	<i>Wood Frame</i>
Uso de grua	Sim	Não
Tempo de montagem	50 unidades em 10 dias	1 unidade em 2 dias
Processo aberto ou fechado	Semi-Fechado	Aberto
Grau de industrialização	Alto	Médio
Tamanho dos painéis	2,95m x 6m	3m x 6m

Os avanços tecnológicos das últimas duas décadas proporcionaram a popularização de sistemas bidirecionais e autoportantes como placas compensadas. Esse fato é demonstrado pelo projeto *50 Modular Timber Apartments* do escritório francês PPA, dado que a obra consiste em um conjunto de cápsulas para habitação popular. O CLT configura-se como vantajoso nessa situação, pois não há necessidade de pilares e vigas, visto que o conceito de planos é trabalhado. Porém, os sistemas em placas como o CLT não são populares na América Latina por conta de seu custo elevado.

Os sistemas leves como o *Wood Frame*, aplicados na Casa do TETO são mais empregados nos terrenos de topografias de difícil acesso, em situações de topografia muito íngreme, com solo frágil ou onde não existe acesso por meio de infraestrutura urbana pois ficaria difícil o acesso por guias para a montagem dos grandes painéis CLT.

Como as casas construídas pela instituição são de caráter emergencial, as peças das edificações devem ser leves e sua montagem, fácil. Os painéis de *Wood Frame* possibilitam o carregamento por voluntários e membros da comunidade envolvidos nas construções. Os painéis de CLT são mais pesados e, portanto,

necessitam de grua para sua instalação *in loco*. Por conta do uso de guas, a montagem da obra em CLT é mais rápida.

Sobre o item “Grau de industrialização”, o nível da obra *50 Modular Timber Apartments* foi considerado alto, pois todos os componentes da edificação foram produzidos e montados sobre o controle do fabricante. O sistema CLT permite a produção por processo de prototipagem rápida, mas necessita de equipamentos especiais o que dificulta sua aplicação em terrenos com topografia íngreme. Já o nível da Casa TETO foi considerado médio, uma vez que os painéis são pré-fabricados, porém montados sem o auxílio de guindaste.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Para a realização da pesquisa, foram pesquisados estudos de caso que englobassem métodos construtivos industrializados e sua aplicabilidade em habitações emergenciais. Portanto, a obra *50 Modular Timber Apartments*, do escritório francês PPA foi selecionada, pois emprega painéis de CLT, um sistema desenvolvido na Áustria há 20 anos, comum na Europa e introduzido no Brasil em 2013 pela empresa CROSSLAM. Outro projeto selecionado foi a Casa modelo da ONG TETO, constituída de painéis de *Wood Frame*.

A análise das edificações mostrou que, apesar do custo elevado, o CLT é uma técnica construtiva propícia a situações emergenciais. As placas de CLT são mais resistentes a esforços e são autoportantes, já que apresentam lamelas em madeira intercaladas. Por serem constituídos de painéis pesados de 550 kg/m<sup>3</sup>, os módulos franceses do escritório PPA foram montados com o auxílio de guas, diminuindo o tempo de obras. Os painéis em CLT possuem maior grau de industrialização e, conseqüentemente, sua montagem é mais precisa. Esse aspecto evita erros de montagem, que por sua vez aparecem em obras com menor grau de industrialização, como a Casa TETO.

A pesquisa demonstra que o sistema *wood frame* é uma evolução em termos de industrialização em relação as técnicas construtivas aplicadas em madeira nos países Latinos Americanos, pois seus painéis modulados podem ser pré-fabricados, são leves, e esse aspecto facilita a montagem sem o auxílio de guas. A casa construída hoje pela ONG TETO sofreu uma evolução em termos de processo construtivo, mas ainda apresenta fragilidades em termos da relação entre projeto arquitetônico e processo construtivo.

## 5. REFERÊNCIAS

ADOMA. **Constructer du logement solidaire**. Toulouse, 2015. P&B. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=clSzym3IMKc>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

AFLALO, Marcelo. **Prefácio à Edição Brasileira**. In: **Arquitetura Ecológica**. São Paulo: Senac Sp, 2011. 304 p.

ARCHDAILY. **50 Modular Timber Apartments / PPA architectures**. 2016. Disponível em: <<http://www.archdaily.com/787698/50-modular-timber-apartments-ppa-architectures>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

BRUNA, Paulo Julio Valentino. **Arquitetura, industrialização e desenvolvimento**. 2. ed. São Paulo: Perspectiva, 2002. 307 p. (Debates; 135).

CROSS Laminated Timber: **Detalhes Construtivos**. Detalhes Construtivos. 2016. Manual elaborado pela empresa CROSSLAM. Disponível em: <<http://www.crosslam.com.br/home/sites/default/files/informacoestecnicasbasicas.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2017.

FOLZ, Rosana Rita. Industrialização da Habitação Mínima: Discussão das primeiras experiências de arquitetos modernos - 1920-1930. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, Belo Horizonte, v. 12, n. 13, p.95-112, dez. 2005.

GAUZIN-MULLER, Dominique. **Arquitetura Ecológica**. São Paulo: Senac Sp, 2011. 304 p.

GROHE, Gerd. El futuro de La construcción com madera. In: **TECTÓNICA: Madera (II) Estructuras**. Madrid: Atc Ediciones, n. 13, 2002.

GROPIUS, Walter Adolf Georg. **Bauhaus: nova arquitetura**. 6. ed. São Paulo: Perspectiva, 2011. 223 p. (Debates; 47).

\_\_\_\_\_. **Scope of total architecture**. Nova York: Harper & Brothers, 1955.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR MIGRATION. **Mediterranean Migrant Arrivals in 2016: 178,882; Deaths 737**, Suíça, 2016.

MARTITEGUI, Francisco Arriaga. **Estructuras de madera**. In **TECTÓNICA: Madera (II) Estructuras**. Madrid: Atc Ediciones, n. 13, 2002.

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

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, **Agenda 21**, Rio de Janeiro, 1992.

PASSARELLI, Rafael Novais. **Cross laminated timber**: diretrizes para projeto de painel maciço em madeira no Estado de São Paulo. 2013. 192 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013. Disponível em: <file:///C:/Users/Paula Rimi/Downloads/Dissertacaofinal.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2017.

PEREIRA, José Ramón Alonso. **Introdução à História da Arquitetura**. Porto Alegre: Bookman, 2010. 384 p.

ROSA, Wilhelm. **Arquitetura industrializada: a evolução de um sonho à modularidade**. 2006. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Área Design e Arquitetura, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

ROSELLÓ, Graciela. **El futuro de La construcción com madera..** In **TECTÓNICA: Madera (II) Estructuras**. Madrid: Atc Ediciones, n. 13, 2002.

SEIKE, Kiyosi. **The Art Of Japanese Joinery**. Kyoto:Weatherhill/tankosha,1977. 128 p.

TETO. **Briefing Institucional**. São Paulo: Teto - Brasil, 2016. 9 p.

\_\_\_\_\_. **Manual de construção: Casa grande**. São Paulo: Teto - Brasil, 2017. 25 p.

THE UN REFUGEE AGENCY. **2015 UNHCR country operations profile – Jordan**, Spica, 2015.

WAUGH THISTLETON ARCHITECTS. **MURRAY GROVE: THE ORIGINAL TIMBER TOWER**. 2009. Disponível em: <<http://waughthistleton.com/murray-grove/>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

WISNIK, Guilherme. **ITA e a Arquitetura Contemporânea no Brasil**. In **Madeira como Estrutura: A História da ITA**. Ed. Paralaxe, 2005.

WOODEUM. **Innovation**. 2017. Disponível em: <<http://www.woodeum.com/concept-2/bois-massifs-tradition-haute-technologie/>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

**Contatos:** paulamtrimi@gmail.com e celiaregina.meirelles@mackenzie.br