

NAYARA ELISA SILVA DE PAULA

**O POTENCIAL DA PROTOTIPAGEM E FABRICAÇÃO DIGITAL NA  
PRODUÇÃO DE ABRIGOS EMERGENCIAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2019

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

P324p  
2019  
Paula, Nayara Elisa Silva de, 1992-  
O potencial da prototipagem e fabricação digital na  
produção de abrigos emergenciais / Nayara Elisa Silva de Paula.  
– Viçosa, MG, 2019.  
xi, 91 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexo.

Orientador: Andressa Carmo Pena Martinez.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 85-88.

1. Abrigo de emergência. 2. Prototipagem de software.  
3. Abrigo de emergência - Projetos e construção - Técnicas  
digitais. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de  
Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em  
Arquitetura e Urbanismo. II. Título.

CDD 22. ed. 690.83

NAYARA ELISA SILVA DE PAULA

**O POTENCIAL DA PROTOTIPAGEM E FABRICAÇÃO DIGITAL NA  
PRODUÇÃO DE ABRIGOS EMERGENCIAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 29 de março de 2019.



Túlio Márcio de Salles Tibúrcio



Marcos Oliveira de Paula



Andressa Carmo Pena Martinez  
(Orientadora)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Viçosa pelo acolhimento e apoio.

À minha orientadora Andressa Carmo Pena Martinez pelas orientações, pela confiança e ensinamentos.

À Fundação Coordenação Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa de auxílio financeiro, sem a qual esta pesquisa seria inviabilizada.

Agradeço também aos alunos da graduação Igor Faria e Karina Cota, pela ajuda nas simulações e nos cortes utilizando a cortadora a laser do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFV.

Não poderia deixar de agradecer à minha família. Aos meus pais Marcos e Cira, pelo amor incondicional, apoio e por sempre acreditarem nos meus sonhos. À minha irmã Nathália, pelo carinho e por sempre estar disposta a ajudar nas correções dos textos e formatações.

Ao Felipe, pelo amor, companheirismo, apoio, paciência nos momentos difíceis e por sempre me dar forças para seguir em frente.

E ainda aos meus amigos, que mesmo distantes, sempre estiveram presentes, me aconselhando e dando todo o suporte nessa caminhada.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>v</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE QUADROS .....</b>	<b>ix</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xi</b>
<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 Caracterização do Problema.....	1
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo geral.....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
<b>CAPÍTULO 2 - REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
2.1 Problemática .....	5
2.2 Desabrigados por desastres ambientais .....	6
2.3 A situação do Brasil .....	10
2.4 Abrigos Emergenciais .....	10
2.4.1 Definições e funções .....	10
2.4.2 Tipologias .....	15
2.4.2.1 Abrigo de emergência .....	15
2.4.2.2 Abrigo de transição .....	15
2.4.2.3 Habitação núcleo.....	16
2.3 Fabricação Digital .....	18
2.4 Prototipagem .....	19
2.4.1 Métodos de Produção.....	20
2.4.1.1 Sistemas Aditivos.....	21
2.4.1.2 Sistemas Subtrativos .....	24
2.5 Cultura <i>Maker</i> e FabLab .....	25
<b>CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA.....</b>	<b>29</b>
3.1 Levantamento de dados .....	29
3.2 Estudos práticos.....	30
3.3 Elaboração de diretrizes .....	31
3.4 Desenvolvimento de um exemplar de abrigo emergencial .....	31
<b>CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>32</b>

4.1	Banco de dados.....	32
4.2	Estudos práticos.....	39
4.2.1	Wikihouse.....	39
4.2.1.1	Microhouse .....	40
4.2.2	Vermont Microhouse .....	45
4.2.3	SCS Wikihouse .....	51
4.2.4	Wikished.....	57
4.2.5	PPES Reading Hut .....	63
4.3	Análises e discussões .....	68
4.4	Diretrizes para a construção de abrigos emergenciais .....	72
4.5	Desenvolvimento de um modelo de abrigo emergencial .....	74
<b>CAPÍTULO 5 – ANÁLISES E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>		<b>81</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>		<b>85</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Déficit habitacional total segundo unidades da federação - Brasil – 2014....	6
Figura 02 – Gráfico: Número de desastres por tipo X Ano de acontecimento.....	8
Figura 03 – Número de desastres por continente em 2017.....	9
Figura 04 – Ocorrência de desastres por tipo. ....	9
Figura 05 – Danos Humanos no Brasil X Tipo de Evento. ....	10
Figura 06 - Algumas das funções de um abrigo de emergência apropriado.....	13
Figura 07 - Relação entre o tempo e as soluções de alojamento até se construírem as soluções permanentes. ....	16
Figura 08 – Sistemas de produção de objetos em Arquitetura. ....	21
Figura 09 – Máquinas sugeridas para compor um FabLab aconselhados pelo CBA-MIT. .....	26
Figura 10 – FabLabs no Brasil. ....	28
Figura 11 – Princípios da <i>Wikihouse</i> . ....	40
Figura 12 – Imagem 3D externa da <i>Microhouse</i> . ....	41
Figura 13 – Imagem 3D interna da <i>Microhouse</i> . ....	41
Figura 14 – Peças da face frontal do pórtico. ....	42
Figura 15 – Face frontal com laterais do pórtico. ....	42
Figura 16 – Pórtico da <i>Microhouse</i> completo. ....	42
Figura 17 – Módulo da <i>Microhouse</i> montado. ....	43
Figura 18 - Chapas de compensado com as peças da <i>Microhouse</i> para corte. ....	44
Figura 20 - Vermont <i>Microhouse</i> . ....	45
Figura 20 - Estrutura do Vermont <i>Microhouse</i> . ....	45
Figura 21 – Peças da categoria estrutura. ....	46
Figura 22 – Peças da categoria fechamentos. ....	46
Figura 23 – Início da montagem.....	47
Figura 24 – Pórtico com peças de conexão. ....	47
Figura 25 – Sistema de travamento das peças. ....	47
Figura 26 – Vista em planta do processo de montagem do módulo.....	48
Figura 27 – Processo de montagem do módulo.....	48
Figura 28 – Estrutura do módulo Vermont <i>Microhouse</i> .....	48
Figura 29 – Vista frontal do módulo com fechamentos. ....	49
Figura 30 – Perspectiva do Vermont. ....	49

Figura 31 - Chapas de compensado com as peças do Vermont Microhouse para corte.	50
Figura 32 – SCS em <i>Sketchup</i> .	51
Figura 33 – SCS <i>Wikihouse</i> montado na escala 1/1.	51
Figura 34 – Peças do modelo SCS <i>Wikihouse</i> .	52
Figura 35 – Peças da face frontal do pórtico.	53
Figura 36 – Pórtico com as laterais.	53
Figura 37 – Montagem de uma parte do pórtico.	53
Figura 38 – Montagem do segundo pórtico.	53
Figura 39 – Peças de travamento da estrutura.	54
Figura 40 – Peças de travamento da estrutura.	54
Figura 41 – Modelo SCS <i>Wikihouse</i> .	54
Figura 42 - Chapas de compensado com as peças do SCS <i>Wikihouse</i> para corte.	56
Figura 43 – Protótipo da estrutura da <i>Wikished</i> .	57
Figura 44 – Protótipo da <i>Wikished</i> .	57
Figura 45 – Modelo 3D em <i>Sketchup</i> .	57
Figura 46 – Estrutura do <i>Wikished</i> .	57
Figura 47 – Quadro com as especificações e quantidades de peças.	58
Figura 48 – Peças do <i>Wikished</i> .	59
Figura 49 – Peças do modelo <i>Wikished</i> .	59
Figura 50 – Início da montagem do pórtico.	60
Figura 51 – Peça de travamento.	60
Figura 52 – Pórtico com conectores.	60
Figura 53 – Estrutura do módulo da <i>Wikished</i> .	60
Figura 54 – Módulo da <i>Wikished</i> .	61
Figura 55 - Chapas de compensado com as peças do <i>Wikished</i> para corte.	62
Figura 56 - PPES <i>Reading Hut</i> na Escola Primária Pei-Ping em Hsin-Bu Township.	63
Figura 57 – Peças do modelo PPES Cabana.	64
Figura 58 – Processo de montagem do pórtico.	65
Figura 59 – Pórtico do PPES Cabana.	65
Figura 60 – Protótipo PPES Cabana.	65
Figura 61 - Chapas de compensado com as peças do modelo PPES cabana para corte.	67
Figura 62 – Sistema estrutura <i>Wren</i> .	70
Figura 63 – Sistema estrutural <i>S-Joint</i> .	70

Figura 64 - Protótipo fabricado em compensado rígido 18mm e compensado flexível 6mm.....	71
Figura 65 – Sistema de encaixe S-Joint.....	73
Figura 66 – Sistema de travamento. ....	73
Figura 67 – Painéis de fechamento encaixados na estrutura. ....	74
Figura 68 – Perspectiva 1 do módulo. ....	76
Figura 69 – Perspectiva 2 do módulo. ....	76
Figura 70 - Peças do módulo adaptado pela autora. ....	77
Figura 71 - Peças do pórtico sobre os calços.....	77
Figura 72 - Peças de travamento.....	77
Figura 73 - Estrutura do módulo. ....	78
Figura 74 - Módulo do abrigo emergencial. ....	78
Figura 75 - Chapas de compensado com as peças de um módulo do abrigo emergencial. .....	80

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Quantidade de peças do modelo Microhouse.....	41
Tabela 02 - Quantidade de peças do Vermont Microhouse.....	46
Tabela 03 - Quantidade de peças do modelo SCS <i>Wikihouse</i> . ....	52
Tabela 04 - Quantidade de peças do modelo Wikished.....	59
Tabela 05 - Quantidade de peças do modelo PPES cabana.....	64
Tabela 06 – Dados comparativos dos modelos analisados.....	68
Tabela 07 – Quantidade de peças do modelo desenvolvido pela autora. ....	76
Tabela 08 - Dados comparativos entre as peças do modelo adaptado pela autora e o modelo Vermont. ....	81
Tabela 09 - Dados comparativos entre o módulo adaptado pela autora e o módulo do modelo Vermont.....	82
Tabela 10 - Dados comparativos entre o módulo adaptado pela autora e os exemplares dos estudos práticos.....	83

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Processos aditivos baseados em sólidos.....	22
Quadro 02 - Processos aditivos baseados em líquidos. ....	22
Quadro 03 - Processos aditivos baseados em pó. ....	23
Quadro 04 - Processos aditivos baseados em lâminas.....	24
Quadro 05 – Estudos de caso com sistema construtivo de madeira. ....	33
Quadro 06 - Estudos de caso com sistema construtivo em estrutura metálica.....	34
Quadro 07 - Estudos de caso com sistema construtivo em plástico. ....	36
Quadro 08 - Estudos de caso com sistema construtivo em bambu.....	36
Quadro 09 - Estudos de caso com sistema construtivo em concreto.....	37
Quadro 10 - Estudos de caso com sistema construtivo em papel.....	37

## RESUMO

PAULA, Nayara Elisa Silva de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2019.  
**O potencial da prototipagem e fabricação digital na produção de abrigos emergenciais.**  
Orientadora: Andressa Carmo Pena Martinez.

Muitos países não apresentam políticas e meios capazes de responder à ocorrência de um desastre ambiental. Nestas situações, os abrigos emergenciais são uma solução para abrigar de maneira rápida e eficaz milhares de famílias desalojadas. As tecnologias digitais no campo da Arquitetura e Urbanismo, como os processos gerativos de projeto associados à prototipagem e fabricação digital, podem ser uma das possíveis soluções para as crescentes necessidades de habitações emergenciais. Esta pesquisa teve como objetivo analisar os diferentes modelos de *Wikihouse* disponibilizados na internet, a fim de verificar o potencial da prototipagem e da fabricação digital, para a construção de abrigos emergenciais no Brasil. A metodologia consistiu em um levantamento sistemático de abrigos emergenciais e outras pequenas unidades ou pavilhões, culminando na organização de um banco de dados, seguido da análise dos sistemas construtivos e materiais mais recorrentes. Foram realizados experimentos de prototipagem de modelos de *Wikihouse* disponibilizados na rede. Com as informações obtidas na coleta dos dados e nos estudos práticos, foram elaboradas diretrizes para otimizar a fabricação dos abrigos emergenciais. A partir das diretrizes, foi desenvolvido um módulo de abrigo emergencial, com base em adaptações de um exemplar existente. A redução do número de peças para apenas 16 modelos diferentes por módulo, a redução do tempo de corte em 30 minutos a menos do que o modelo original e redução de R\$ 524,76 por módulo do abrigo foram umas das principais melhorias do novo modelo, que passou a ser mais viável para ser utilizado como abrigo emergencial.

## ABSTRACT

PAULA, Nayara Elisa Silva de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2019. **The potential of prototyping and digital manufacturing in the production of emergency shelters.** Adviser: Andressa Carmo Pena Martinez.

Many countries lack policies and means to respond to an environmental disaster. In these situations, emergency shelters are a solution to quickly and effectively house thousands of evacuees. Digital technologies in the field of Architecture and Urbanism, such as the generative design processes associated with prototyping and digital fabrication, may be one of the possible solutions to the growing needs of emergency housing. This research had the objective of analyzing the different models of Wikihouse available on the Internet, in order to verify the potential of prototyping and digital fabrication, for the construction of emergency shelters in Brazil. The methodology consisted in a systematic survey of emergency shelters and other small units or pavilions, culminating in the organization of a database, followed by the analysis of the most recurrent construction systems and materials. Experiments were carried out on the prototyping of Wikihouse models available in the network. With the information obtained in data collection and in the practical studies, guidelines were developed to optimize the manufacturing of emergency shelters. Based on the guidelines, an emergency shelter module was developed, based on adaptations of an existing copy. The reduction of the number of pieces to only 16 different models per module, cutting time reduction in 30 minutes less than the original model and reduction of R \$ 524.76 per module of the shelter were one of the main improvements of the new model , which became more feasible to be used as an emergency shelter.

## **CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO**

### **1.1 Caracterização do Problema**

A falta de acesso à habitação não está somente relacionada a questões econômicas, mas também às questões políticas, sociais e ambientais. O planeta Terra é alvo de calamidades, acidentes e desastres todos os anos, causando inúmeras mortes, feridos, destruição de habitações e das infraestruturas públicas, resultando em onerosas perdas econômicas (FRADE, 2012). Diante dos desastres ambientais, que destroem cidades num curto espaço de tempo, os abrigos emergenciais são uma solução para abrigar de maneira rápida e eficaz milhares de famílias desalojadas. “O abrigo protege e preserva a vida, possibilita o retorno à rotina e ao convívio familiar, a reorganização da vida pessoal e também proporciona alívio às pessoas desabrigadas, além de facilitar a reconstrução das áreas afetadas” (MARINHO, 2013, p.43).

O Design e construção de abrigos emergenciais devem não só considerar parâmetros físicos, como área bruta, altura e estrutura, mas também parâmetros contextuais e climáticos, como as condições de vida, cultura dos habitantes, tradições, local de inserção etc. Nos dias atuais, o modelo mais empregado para o fornecimento dos abrigos envolve agências de ajuda internacional. Como os modelos são padronizados, muitas vezes são necessárias modificações no projeto para atender aos requisitos específicos da região, fazendo com que o processo de construção seja mais demorado (YEUNG; HARKINS, 2010). Verifica-se, portanto, a importância de se pensar desde a etapa de projeto, em abrigos que sejam flexíveis e adaptáveis, considerando a durabilidade, a utilização de materiais disponíveis na região, o reaproveitamento do abrigo para outras situações de emergência e também a contenção de gastos.

O número de pessoas vivendo em cidades têm aumentado a cada ano, principalmente, em países subdesenvolvidos. Conforme Frade (2012), esse crescimento desequilibrado traz grande preocupação, pois a maioria desses países não possuem estrutura socioeconômica suficiente para responder à rápida urbanização, acarretando milhares de habitantes vivendo em condições precárias, em áreas de alto risco e com escassez de recursos. Outro agravante da vulnerabilidade dessa população são as alterações climáticas, pois a grande maioria dos países subdesenvolvidos não apresentam políticas e meios capazes de responder à ocorrência de um desastre.

Nos últimos cem anos, houve um aumento significativo de desastres em decorrência das alterações climáticas. Dados da *United Nations Office for Disaster Risk Reduction* - UNISDR (2015) mostram que terremotos, ondas de calor, inundações e deslizamentos de terra estão entre os eventos que causam mais preocupação, devido ao grande número de perdas de vidas e de danos à infraestrutura.

O Brasil é alvo de diversos tipos de desastres que afetam milhares de pessoas. O despreparo em lidar com essas situações aumenta ainda mais a vulnerabilidade do país. Casos recentes, como os deslizamentos na região Serrana do estado do Rio de Janeiro em 2011 e o rompimento da barragem do Fundão em Mariana, ocorrido em 2015, mostram o despreparo do país em solucionar os problemas decorrentes dos desastres ambientais, principalmente os relacionados à habitação.

Em situações como essas, as tecnologias digitais no ramo da Arquitetura são uma alternativa capaz de propor soluções que atendam aos vários contextos ambientais e sociais, com princípios construtivos rápidos, econômicos e exequíveis. Com a prototipagem rápida e a fabricação digital vislumbra-se poder otimizar a produção dos abrigos emergenciais, que podem ser personalizados e fabricados em poucas horas, na própria cidade onde serão implantados. No Brasil existem diversos laboratórios de prototipagem e fabricação digital que têm à disposição as máquinas necessárias para a fabricação de exemplares na escala 1:1.

Além dos laboratórios comuns existem os FabLabs, que são uma rede de laboratórios vinculados ao *Massachusetts Institute of Technology* - MIT e oferecem um conjunto de equipamentos eletrônicos e máquinas de acesso livre e gratuito à comunidade. Dados do *FabFoundation* mostram que os FabLabs estão presentes em mais de 70 países e no Brasil já existem 40 laboratórios. Todos os equipamentos necessários para a fabricação de um abrigo emergencial são previstos no FabLab, como, materiais de consumo, *software*, computadores, máquina de corte a laser, impressoras 3D, máquina fresadora CNC e até mesmo braços robóticos.

Observa-se, portanto, o potencial das ferramentas digitais para a fabricação dos abrigos emergenciais, principalmente para o caso brasileiro, em que os estudos nessa área são ainda muito restritos. Os FabLabs, ambientes que incentivam o espírito de cooperação e colaboração entre os usuários, além de oferecem, de maneira aberta, ferramentas para fabricação digital e prototipagem rápida (GERSHENFELD, 2012 *apud* JUCÁ, 2016),

podem ter grande contribuição para a produção dos abrigos emergenciais, pois a produção pode envolver a população, numa pequena cadeia produtiva, menos dependente de investimentos público e privado de maior porte.

As tecnologias digitais utilizadas para a geração formal na arquitetura, podem ser uma das soluções para as crescentes necessidades de habitações emergenciais, com a aplicação de diferentes tipos de parâmetros (DAHER; KUBICKI; HALIN, 2015). São processos de projeto com rápida fabricação e potencial para atender aos vários contextos ambientais e sociais, cujas soluções construtivas são baseadas em princípios rápidos, econômicos e exequíveis.

Apesar das vantagens da prototipagem e fabricação digital, os estudos dos processos digitais de projeto ainda são muito recentes no Brasil, principalmente relacionados aos abrigos emergenciais. Portanto, este trabalho busca associar a fabricação digital à problemática de produção dos abrigos emergenciais. Diante dessa situação questiona-se:

Quais as contribuições e limitações dos sistemas construtivos recorrentes na prototipagem e fabricação digital para as situações de desastres característicos do Brasil?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

O objetivo desta pesquisa é analisar os diferentes modelos de Wikihouse disponibilizados na internet, a fim de verificar o potencial da prototipagem e da fabricação digital, para a construção de abrigos emergenciais no Brasil.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

1. Compreender o processo digital de projeto, a prototipagem e fabricação digital;
2. Estudar os abrigos emergenciais e fatores condicionantes para a elaboração de seus projetos;
3. Realizar estudos práticos de soluções construtivas decorrentes dos processos digitais de projeto e da fabricação digital.

4. Elaborar diretrizes para a construção de abrigos emergenciais para o Brasil utilizando a fabricação digital.
5. Desenvolver um exemplar de abrigo emergencial, com base nas conclusões dos estudos práticos e nas diretrizes.

## **CAPÍTULO 2 - REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Problemática**

Dados estatísticos mostram que a população mundial tem aumentado a cada ano. Em 1982 a população era de 4,6 bilhões de habitantes, enquanto em outubro de 2017 a estimativa era de 7,6 bilhões de pessoas. Acredita-se que até 2050 a população mundial terá alcançado 9,0 bilhões (IFRC, 2015). O crescimento urbano intenso, que na grande maioria dos países ocorre de maneira desordenada, traz uma grande preocupação, pois muitos não possuem estrutura socioeconômica suficiente para responder ao acelerado processo de urbanização, fazendo com que milhares de pessoas vivam em condições precárias, em áreas de alto risco e com uma enorme escassez de recursos (FRADE, 2012).

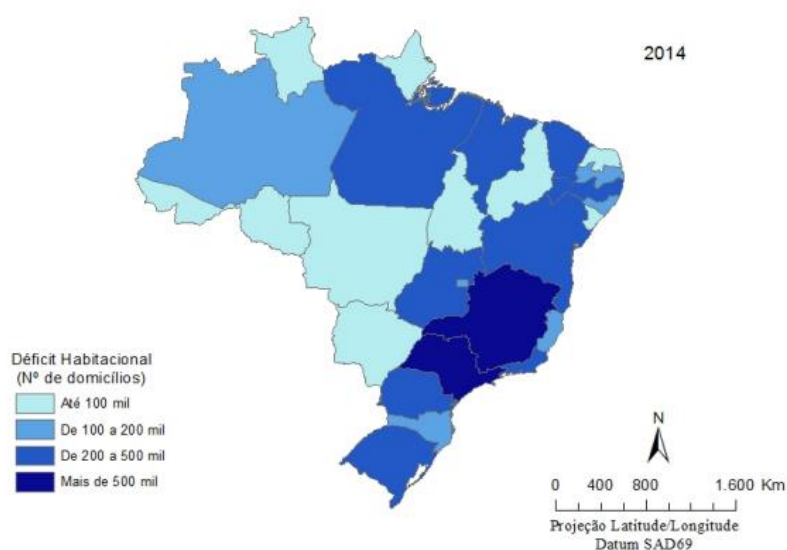
Um dos problemas que muitos países têm enfrentado é a questão habitacional. O déficit habitacional está relacionado não só ao déficit de residências, mas também às deficiências do estoque de moradias. Abrange moradias precárias, sem condições de habitabilidade, ou do desgaste da estrutura física, e que por isso devem ser repostas. Inclui também a necessidade de incremento do estoque, em função da coabitação familiar forçada (famílias que pretendem constituir um domicílio unifamiliar), dos moradores de baixa renda com dificuldades de pagar aluguel e dos que vivem em casas e apartamentos alugados com grande densidade. Além de abranger a moradia em imóveis e locais com fins não residenciais (FJP, 2016).

O direito à habitação adequada foi reconhecido na Declaração Universal dos Direitos Humanos (DUNH) como direito de todos. Desde então surgiram diversos programas com o objetivo de apoiar os governos no sentido de promover e assegurar a plena e progressiva realização do direito à moradia digna. Em 1996, em Istambul, foi realizada a Segunda Conferência das Nações Unidas sobre Assentamentos Humanos (Habitat II), em que foi reconhecido que o acesso a um abrigo seguro e saudável e a serviços é essencial para o bem-estar físico, psicológico, social e econômico da população, sendo um dos objetivos garantir abrigos adequados para todos, principalmente, para os mais pobres (UN-HABITAT, 2017).

Mesmo diante desses programas, a falta de acesso à habitação adequada ainda é um problema grave em muitos países. Só no Brasil em 2013, o déficit habitacional

estimado era de 5,846 milhões de domicílios. Já em 2014, esse número aumentou para 6,068 milhões de unidades, sendo que 87,6% desse total estavam localizados na área urbana. A região sudeste concentra o maior percentual do déficit habitacional do país (40,0%), que corresponde a 2,425 milhões de unidades (Figura 01). São Paulo é o estado com maior necessidade de novas habitações, ultrapassando 1,0 milhão de unidades, Minas Gerais aparece em segundo, seguido pela Bahia em terceiro e Rio de Janeiro em quarto lugar (FJP, 2016).

**Figura 01** - Déficit habitacional total segundo unidades da federação - Brasil – 2014.



Fonte: Fundação João Pinheiro (FJP), Centro de Estatística e Informações (CEI), 2016.

A falta de acesso à habitação não está somente relacionada a questão econômica, motivos políticos, sociais, religiosos, ambientais, dentre outros, também contribuem consideravelmente à essa carência de unidades habitacionais.

## 2.2 Desabrigados por desastres ambientais

A Terra é alvo de calamidades, acidentes e desastres todos os anos, causando inúmeras mortes, feridos, destruição de habitações e das infraestruturas públicas resultando em onerosas perdas econômicas (FRADE, 2012).

De acordo com o *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction (GAR)* processos como o crescimento demográfico, a migração, urbanização e desenvolvimento econômico fazem com que a sociedade se concentre em áreas expostas a perigos graves. Muitas áreas propensas à desastres, como linhas costeiras, que trazem grandes benefícios econômicos, atraem milhares de pessoas.

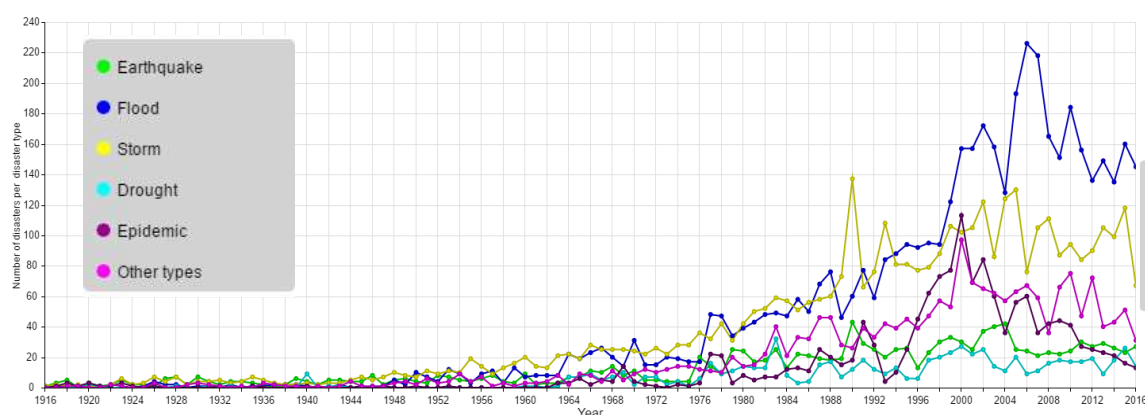
O nível em que as pessoas estão efetivamente em risco varia uma função da vulnerabilidade. Entende-se por vulnerabilidade uma propensão ou susceptibilidade a sofrer perda e está associada a questões físicas, sociais, políticas, econômicas, culturais e institucionais. Podemos citar como exemplo, as habitações, escolas, hospitais e infraestruturas mal construídas e sem segurança como umas das características de vulnerabilidade (UNISDR, 2009). Um mesmo fenômeno, portanto, ao atingir diferentes regiões, pode causar consequências variadas em função das condições de cada lugar. Países pobres e em desenvolvimento apresentam um número de mortes muito superior comparado aos países desenvolvidos. Esses últimos exibem perdas econômicas muito mais elevadas, pois investem em uma estrutura capaz de responder às situações de risco (IFRC, 2010).

Os países subdesenvolvidos e em desenvolvimento são mais vulneráveis, pois apresentam infraestrutura precária, portanto, estão sujeitos a sofrerem maiores consequências das catástrofes. A gravidade das consequências é proporcional à vulnerabilidade das comunidades, estando muitas vezes associada as condições de pobreza que obrigam as populações a morarem em áreas de alto riscos e com poucos recursos para a construção de habitações mais resistentes (FRADE, 2012). Feres (2014) também informa sobre o despreparo de alguns países em relação aos desastres ambientais. Conforme a autora, o que condiciona a vulnerabilidade são os limitados investimentos em manejo de risco, como o mapeamento das áreas de risco e a elaboração de planos preventivos municipais, além da criação de soluções que minimizem as consequências de possíveis catástrofes, como o planejamento prévio e projeto de habitações emergenciais. A vulnerabilidade é ainda maior em países em desenvolvimento devido à configuração de suas cidades, o que pode ser comprovado pelo crescimento da taxa dos desastres naturais, que ultrapassou a de países desenvolvidos nos últimos anos (FERES, 2014). Os desastres dividem-se em “tecnológicos ou causados pelo homem”, com origem em uma ação humana, e “naturais”, relacionados a um fenômeno natural.

Os desastres naturais são entendidos como os resultados da materialização dos riscos existentes, que não foram devidamente previstos ou mitigados, sendo causados a partir das vulnerabilidades da sociedade atingida (ANDERS, 2012). Para a *United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR)*, desastre é caracterizado por uma interrupção grave do funcionamento de uma comunidade ou sociedade

envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas e ambientais, cujos impactos excedem a capacidade dessa sociedade em lidar com seus próprios recursos (UNISDR, 2009). A alteração climática está alterando a previsibilidade e aumentando o risco de desastres ambientais em todo o mundo. Terremotos, ondas de calor, inundações e deslizamentos de terra estão entre os eventos que causam mais preocupação, devido ao grande número de perdas de vidas e de danos à infraestrutura (UNISDR, 2015). Dados publicados pela Base de Dados de Eventos de Emergência (EM-DAT) apontam um grande aumento no número de desastres nos últimos cem anos, como é possível observar na Figura 02.

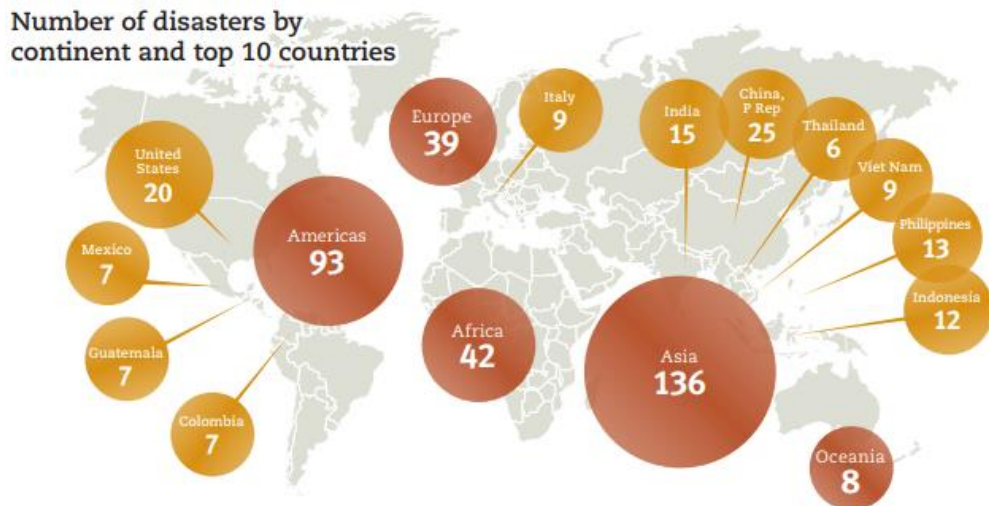
**Figura 02** – Gráfico: Número de desastres por tipo X Ano de acontecimento.



Fonte: Adaptado de EM-DAT, 2016.

Dados do EM-DAT apontam que em 2017, 335 desastres naturais atingiram mais de 95,6 milhões de pessoas pelo mundo (Figura 03). O número de mortes chegou a 9.697 e teve uma perda econômica de US \$ 335 bilhões.

**Figura 03** – Número de desastres por continente em 2017.

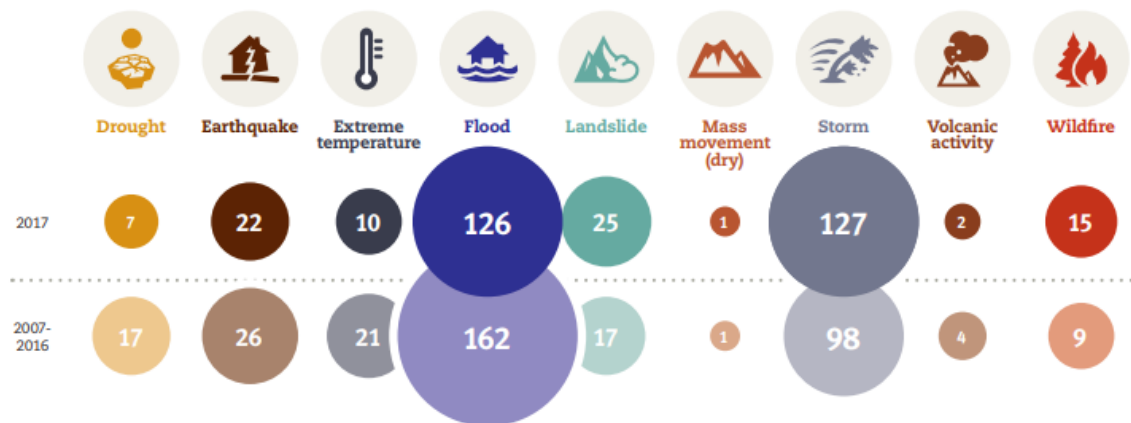


Fonte: UCL; CRED; USAID. Natural Disasters, 2017.

O continente Asiático aparece como o mais afetado, sendo a China o país com mais incidência de desastres, apresentando 25 ocorrências. O continente Americano aparece como o segundo mais afetado, tendo os Estados Unidos liderando com 20 ocorrências de desastres.

A Figura 04 apresenta a ocorrência dos desastres por tipo e faz uma comparação com a média entre os anos de 2007 a 2016 e o ano de 2017.

**Figura 04** – Ocorrência de desastres por tipo.



Fonte: UCL; CRED; USAID. Natural Disasters, 2017.

As tempestades e inundações aparecem como os eventos mais recorrentes. Em terceiro lugar aparecem os deslizamentos de terra, seguido pelos tremores de terra.

## 2.3 A situação do Brasil

Informações sobre os eventos naturais mais ocorridos no país são importantes para planejar o gerenciamento e adotar medidas de prevenção, de modo a diminuir seus impactos. O Anuário Brasileiro de Desastres Naturais relatou que no ano de 2013, foram confirmados 493 eventos naturais que deixaram óbitos e feridos. Mais de 4 mil municípios foram afetados, atingindo mais de 18 milhões de pessoas (SEDEC, 2014) (Figura 05).

**Figura 05** – Danos Humanos no Brasil X Tipo de Evento.

	Óbitos	Feridos	Enfermos	Desabrigados	Desalojados	Desaparecidos	Outros	Afetados
Alagamentos	4	279	4.306	44.330	48.260	0	180.641	277.820
Chuvas intensas	30	468	3.607	25.585	103.278	5	1.604.303	1.757.668
Deslizamentos	41	133	88	6.721	6.843	0	219.530	233.356
Enxurradas	38	787	2.324	17.266	118.074	92	778.694	931.608
Erosão	1	86	466	2.826	3.964	0	343.906	351.249
Estiagem	9	5.020	68.047	2.040	10.009	2	11.194.527	11.953.305
Geadas	0	0	0	0	0	0	0	0
Granizo	1	95	8	5.551	9.967	0	160.315	176.936
Incêndios florestais	0	0	139	113	145	0	2.970	3.367
Inundações	36	1.461	13.283	59.023	208.274	6	1.083.402	1.389.454
Vendaval	4	166	33	4.553	6.552	0	107.432	123.735
Outros	19	78	67.395	7.601	1.039	0	1.282.603	1.358.735
<b>TOTAL</b>	<b>183</b>	<b>8.573</b>	<b>159.696</b>	<b>175.609</b>	<b>516.405</b>	<b>105</b>	<b>16.958.323</b>	<b>18.557.233</b>

Fonte: Anuário Brasileiro de Desastres Naturais, 2013.

São diversos os tipos de desastres ambientais e cada um provoca diferentes consequências na região atingida, alguns deixam mais mortos e feridos, outros mais desabrigados e outros mais desaparecidos. No Brasil os desastres hidrológicos, como as inundações, alagamentos e chuvas intensas são responsáveis pelo maior número de desabrigados e desalojados.

## 2.4 Abrigos Emergenciais

### 2.4.1 Definições e funções

O abrigo é um elemento fundamental para a sobrevivência humana. A oferta de um lar, mesmo que provisório, é essencial em situações traumatizantes decorrentes de desastres ambientais. A preocupação com a habitação acompanha o homem desde sua origem a milhares de anos. Antes do domínio da agricultura e da domesticação de animais os povos viviam uma cultura nômade. A mudança constante de território era

essencial para a sobrevivência, pois havia a necessidade de obter alimento e abrigo. Este modo de vida transitório trouxe o desafio de se obterem abrigos que poderiam ser transportados de maneira simples, portanto tinham que ser leves, flexíveis e principalmente duráveis (ANDERS, 2007).

De acordo com Anders (2007) a grande evolução das chamadas habitações transportáveis aconteceu durante a primeira e segunda guerra. “As guerras, ao mesmo tempo em que causam destruição, propiciam avanços tecnológicos pela necessidade emergencial de novas soluções” (MARINHO, 2013, p.63). A situação de emergência e o avanço tecnológico desse período, onde era possível a produção em massa, permitiram o desenvolvimento de muitos abrigos para uso militar.

Entende-se por emergência um acontecimento inesperado, que requer uma ação imediata, pode-se considerar, portanto, que a Arquitetura de emergência faz referência a um modo de dar respostas rápidas a situações inesperadas, que geralmente são desastres ambientais ou conflitos (FRADE, 2012, p.23). Neste contexto, observa-se a influência das antigas habitações desenvolvidas pelos nômades na concepção pelos arquitetos contemporâneos de abrigos emergenciais. Soluções inteligentes e sustentáveis como a utilização de materiais locais, a facilidade de montagem e desmontagem, a flexibilidade e a possibilidade de transporte, ainda são essenciais para o desenvolvimento deste tipo de projeto.

Essencial para a sobrevivência humana, principalmente, em situações de desastres, “O abrigo protege e preserva a vida, possibilita o retorno à rotina e ao convívio familiar, a reorganização da vida pessoal e também proporciona alívio às pessoas desabrigadas, além de facilitar a reconstrução das áreas afetadas” (MARINHO, 2013, p.43).

De acordo com o *International Federation of Red Cross - IFRC* (2015), as principais funções do abrigo são proteger contra as intempéries, local de armazenamento dos pertences da família, segurança e privacidade, um endereço para o recebimento de serviços de assistência médica e distribuição de alimentos. Para Marinho (2013), a função básica de um abrigo emergencial é proteger contra o frio, calor, vento e chuvas. As pessoas passam a ter segurança e privacidade, e além da reorganização social logo após o desastre, os abrigos trazem confiança e dignidade às vítimas, pois essas passam a ter um endereço onde podem receber medicamentos e alimentação.

Como visto acima, a função básica do abrigo é proteger os indivíduos, para isso ele precisa ser construído de maneira apropriada aos elementos externos, como clima, aspectos culturais e outras características referentes ao local onde será implantado. Os materiais empregados nas habitações para locais de clima quente, por exemplo, devem ter características diferentes daqueles aplicados em regiões de clima frio (ANDERS, 2007).

As características do contexto anteriores ao desastre, as especificidades locais do espaço, influenciarão na concepção dos abrigos na medida em que estes deverão adequar-se ao clima, à topografia, à cultura, aos valores arquitetônicos, às relações sociais e à economia para configurarem espaços adequados e condizentes com as necessidades dos moradores locais (FERES, 2014, p.65).

Após um desastre, cabe ao governo do país afetado a responsabilidade de oferecer a primeira ajuda à população. Quando é necessária a ajuda humanitária em escala internacional, é efetuada a assistência pelas agências UNHCR (*United Nations High Commissioner of Refugees*) e a IFRC (*International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies*), responsáveis pelo auxílio na oferta de abrigos de emergência. A UNHCR é responsável por coordenar a prestação de assistência a refugiados em decorrência de conflitos e procurar soluções mais duradouras para seus problemas. Já IFRC, a maior rede humanitária de serviço comunitário do mundo, é responsável pela assistência internacional relativa aos desastres naturais ou humanos, em situações não-conflituosas (FRADE, 2012).

Conforme Anders (2007), impedir doenças, mortes e mais aflição à população afetada é papel fundamental dos abrigos. Para isso, devem ser utilizados pelas vítimas, em seu processo de projeto e montagem, logo nos primeiros dias após o desastre. O autor também aponta que o abrigo emergencial deve ser

(...) erguido rapidamente e com o mínimo de esforço, e cumprir sua função durante o período de emergência sem manutenção adicional. Os abrigos também devem ter uma durabilidade intrínseca ou certa obsolescência que os tornem não atrativos para outro tipo de uso que não o de auxílio em emergência. Todos os componentes utilizados na construção do abrigo devem ser reciclados em estoque permanente para construção em geral. (ANDERS, 2007, p. 57)

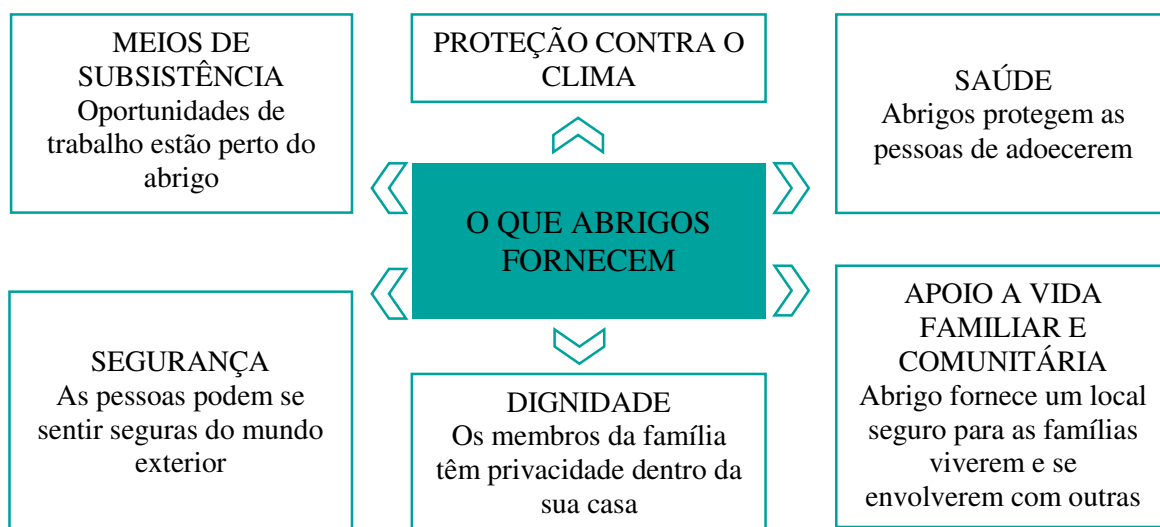
No Brasil a Lei 12.608/2012 institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC que abrange ações de prevenção, preparação, resposta e recuperação voltadas à proteção e defesa civil. A Lei regulamenta as obrigações da união, dos estados e municípios em relação a proteção civil. Pode-se destacar dentre os deveres dos municípios prover solução de moradia temporária às famílias atingidas por desastres e organizar e administrar abrigos provisórios para assistência à população em situação de desastre, em condições adequadas de higiene e segurança. Apesar de ser uma obrigação do município o fornecimento de abrigos temporários, ainda não existe nenhuma norma específica para a construção de abrigos emergenciais no Brasil.

O *Handbook Sphere* é um manual internacional com orientações e informações técnicas de resposta humanitária a desastres ambientais, elaborado pelo Movimento Internacional da Cruz Vermelha e do Crescente Vermelho junto a organizações da ONU, ONGs e Universidades.

Dentre os assuntos abordados no manual podem-se destacar os princípios de proteção; abastecimento de água, saneamento e higiene; segurança alimentar e nutrição; Abrigo e liquidação; e Saúde. Como o foco do trabalho são os abrigos emergenciais, foi analisado o capítulo voltado para a questão dos abrigos.

Conforme o Manual *Handbook Sphere*, as principais funções que um abrigo deve apresentar é a proteção contra o clima, apresentar oportunidades de trabalho por perto, ter segurança e privacidade, permitir a convivência em comunidade e proteger contra doenças (Figura 06).

**Figura 06** - Algumas das funções de um abrigo de emergência apropriado.



Além dessas funções, o manual aborda outros pontos importantes relacionados a Construções dos abrigos, dentre eles pode-se destacar:

- Os abrigos devem ter espaço suficiente para a realização das atividades domésticas básicas como dormir, preparar alimentos e comer, respeitando a cultura local.
- Precisam proporcionar condições ideais de ventilação, iluminação e conforto térmico.
- As técnicas de Construção e materiais devem ser social e culturalmente aceitáveis e sustentáveis.
- O espaço imediatamente ao redor deve apresentar acesso seguro a atividades fundamentais. Deve incluir cozinha, banheiros, lavanderia e áreas de lazer apropriados.
- Mínimo de 3,5 m<sup>2</sup> de espaço por pessoa, sem contar espaço para cozinhar e banheiro.
- Altura interna do chão ao teto de no mínimo 2 metros (2,6 metros em climas quentes) no ponto mais alto.

As chuvas e inundações são os eventos que mais deixam desabrigados no Brasil, portanto, deve-se pensar em abrigos que levem em consideração essas condicionantes climáticas. Em locais de clima quente e úmido, aconselha-se a orientação das aberturas de modo a maximizar a ventilação natural e minimizar a entrada da luz solar direta. A fim de melhorar a circulação de ar, o pé direito deve ser mais alto. Deve-se pensar em um espaço coberto ao ar livre, que além de proteger da chuva e reduzir a incidência da luz solar direta, pode ter uma área reservada para a preparação de alimentos. O telhado deve ser inclinado para facilitar a drenagem da água da chuva. Já os materiais de Construção devem ser leves, com baixa capacidade térmica, como a madeira. Os pisos precisam ser elevados para evitar a entrada de água (*Sphere Association, 2018*).

Percebe-se a partir das referências citadas, a importância dos abrigos emergenciais em diversas situações, principalmente de desastres ambientais. Questões como local de inserção, materiais, durabilidade e rapidez de montagem são essenciais e devem ser

considerados ainda em fase de projeto dos abrigos. Existem diferentes estratégias de abrigos, que variam conforme o tempo de execução, durabilidade e outras variáveis.

#### 2.4.2 Tipologias

Desde a ocorrência de um desastre até que as vítimas encontrem uma solução de abrigo permanente, existem as seguintes estratégias de alojamento: Abrigo de emergência; Abrigo de transição; Famílias de acolhimento ou arrendatários; Habitação núcleo e Habitação permanente (IFRC, 2009, p.III).

##### 2.4.2.1 Abrigo de emergência

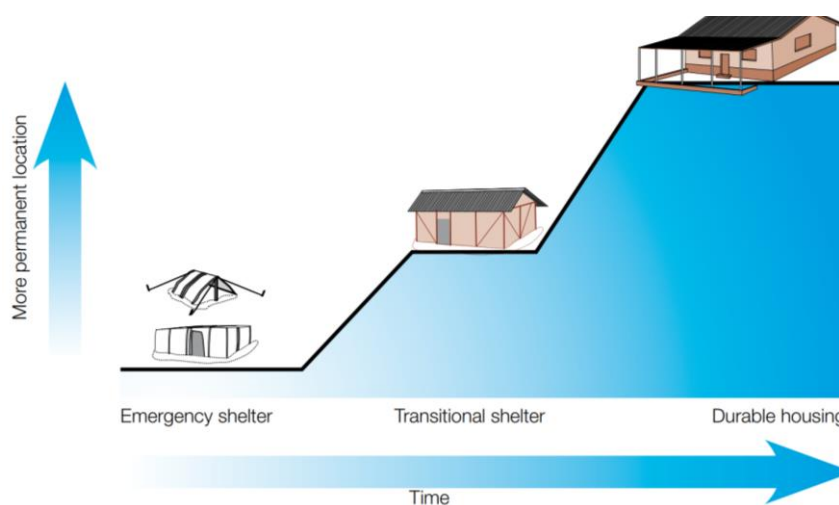
O abrigo emergencial corresponde às formas de abrigar no momento imediatamente posterior ao evento danoso, englobam tanto abrigos fixos quanto móveis. Após o desastre, geralmente as próprias vítimas são os primeiros a executarem ações de apoio, por meio de formas improvisadas de proteção e acolhimento, até a chegada de auxílios externos. Em caso de escassez de recursos, o abrigo emergencial envolve formas improvisadas, como casas construídas com materiais disponíveis na região e proveniente dos escombros, tendas, ou ocupações em edificações disponibilizadas pelos governos, como ginásios, barracões, escolas, dentre outros (FERES, 2014).

Para essa estratégia a resposta mais comum dada pelos governos e pela comunidade humanitária internacional é basicamente a distribuição de tendas, lonas de plástico, ou kits de materiais e ferramentas para as vítimas construírem seus abrigos ou repararem as suas casas. Essas respostas, no entanto, constituem soluções a curto prazo, o que é um grave problema quando o apoio oferecido não é suficiente (FRADE, 2012).

##### 2.4.2.2 Abrigo de transição

O período entre a ocorrência de um desastre e a Construção das habitações permanentes pode demorar anos. Em função disso foi necessário a criação de estruturas mais seguras e resistentes para as famílias até entrarem soluções estáveis. Na Figura 07 é possível verificar a relação entre o tempo de ocorrência do desastre e as soluções de alojamento, começando com os abrigos emergenciais, que são soluções mais rápidas e menos duradouras, seguido pelos abrigos de transição e por fim as habitações permanentes.

**Figura 07** - Relação entre o tempo e as soluções de alojamento até se construírem as soluções permanentes.



Fonte: IFRC, Transition shelters: Eight designs. 2011.

Os abrigos emergenciais são oferecidos logo após a ocorrência do desastre. A IFRC (2011) define os abrigos de transição como abrigos pós-desastres oferecidos rapidamente e feitos com materiais que possam ser reutilizados posteriormente em estruturas mais permanentes, ou possam ser realocados de locais temporários para locais permanentes. São projetados para facilitar a transição das famílias afetadas para um abrigo mais durável (IFRC, 2011).

Segundo a *Transitional Shelter Guidelines* publicada pelo *Shelter Centre* (2011) o abrigo de transição abrange todo o período de reconstrução, até que seja alcançada a solução permanente. A durabilidade do abrigo de transição varia conforme os materiais utilizados. Abrigos com estrutura em madeira ou bambu geralmente duram até dois anos. Já os modelos em estrutura metálica podem durar até 5 anos. Entre as vantagens desse tipo de abrigo pode-se destacar o oferecimento de um ambiente mais seguro e saudável, que ofereça dignidade e privacidade. Os materiais normalmente são adquiridos no local, permitindo que os mesmos possam ser reciclados para a construção das habitações permanentes, reutilizados em outras funções ou revendidos, já que os abrigos podem ser desmontados (SHELTER CENTRE, 2011, p.19).

#### 2.4.2.3 Habitação núcleo

Outra opção de abrigo pós-desastre é a habitação núcleo ou habitação evolutiva. Para Caetano (2013), esse tipo de habitação está relacionado com a possibilidade de modificar os limites da casa por meio da extensão, agregação ou divisão de espaços.

O objetivo é que esta evolua e se transforme ao longo dos anos, aumentando e diminuindo de dimensão, de modo a adaptar-se às necessidades de cada residente ou família. “Aos arquitetos compete a criação da estrutura e das infra-estruturas e a definição das regras de evolução, aos habitantes, a definição do momento em que é realizada essa evolução” (CAETANO, 2013, p. 32).

Pode-se destacar a importância dessas habitações em termos econômicos, ou seja, a necessidade de controlar gastos durante a Construção, e a importância em termos familiares, em que é possível alterar o tamanho da moradia de acordo com os modos de vida de cada residente (CAETANO, 2013).

Existem três princípios da evolução para alcançar gradualmente o desenvolvimento da habitação, são eles:

Evolução por extensão – É o princípio mais utilizado, adequado para habitações unifamiliares, em que podem ser melhoradas e ampliadas tanto na horizontal quanto na vertical. As extensões devem ser previstas e testadas ainda na fase de projeto, deixando o arquiteto com controle sobre as futuras mudanças.

Evolução por agregação – Consiste em unir duas habitações e transformá-las em uma maior. As agregações podem ser feitas horizontal ou verticalmente, dependendo do projeto.

Evolução por divisão – Esse princípio é o inverso da evolução por agregação e consiste na divisão de uma unidade habitacional em duas.

Mesmo diante das diversas tipologias, ainda há deficiências dos abrigos em relação à concepção, transporte, construção e função. Para Frade (2012) as principais falhas do projeto de abrigos emergenciais são: o elevado preço e pouca eficiência econômica; a ausência de processos participativos de projeto; inadequações climáticas e culturais; tamanho inadequado para as diferentes famílias; problema de transporte e distribuição dos abrigos; problemas de montagem, desmontagem, falta de mão-de obra especializada, e materiais utilizados inadequados (FRADE, 2012).

Neste sentido, diante da variedade de condicionantes e parâmetros que devem ser considerados desde o processo de projeto até a fase de desmontagem dos abrigos, as tecnologias de fabricação digital no âmbito da arquitetura e construção podem constituir importantes ferramentas de concepção e produção de Arquiteturas emergenciais.

### 2.3 Fabricação Digital

A Arquitetura e construção tem passado por inovações devido às mudanças do design computacional e aos avanços das ferramentas de fabricação. Arquitetos, pesquisadores e designers de todo o mundo estão desenvolvendo protótipos em colaboração com produtores industriais, com o uso de máquinas avançadas de fabricação (NABONI; PAOLETTI, 2015).

Cada vez mais presente na vida contemporânea, a fabricação digital vem se popularizando. Isso é percebido nas crescentes aberturas de laboratórios de prototipagem e fabricação, como os FabLabs. Os maquinários, que antes eram usados em indústrias, agora estão presentes nesses laboratórios. (PASSARO; ROHDE, 2015). Segundo Gershenfeld (2012), a fabricação digital permitirá aos indivíduos projetar e produzir objetos sob demanda, onde e quando precisarem. O acesso generalizado a estas tecnologias desafiará os modelos tradicionais de ajuda, negócios e da educação.

A fabricação digital teve início no século XIX, quando um dos seus principais usos era para a produção de cortinas e tapetes. A informação era transmitida por meio de pequenos buracos em um papel rígido que sinalizavam comandos positivos ou negativos para o tear, que iria inserir diferentes cores de corda, criando vários padrões previamente configurados. O uso desse processo permitia a produção em grande escala com baixo custo. Com o passar dos anos esses códigos tornaram-se dados eletrônicos, mas os princípios ainda são os mesmos. (MIYASAKA; FABRÍCIO, 2015).

Em 1952 pesquisadores do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) criaram a primeira máquina controlada numericamente (CNC - *Computer Numeric Control*), ligando um computador em uma fresadora. A partir destes equipamentos, os pesquisadores foram capazes de produzir componentes de aeronaves com geometrias mais complexas, que não podiam ser feitas à mão. (GERSHENFELD, 2012).

A partir de então as máquinas CNC e as tecnologias CAD/CAM passaram a ser utilizadas nas indústrias automotivas, aeroespaciais e navais. Somente em meados da década de 90 que a fabricação digital começou a ter impacto na Arquitetura. Os novos meios de fabricação estão permitindo a produção e construção de formas complexas, que antes eram difíceis e caras de projetar. (AFIFY; ELGHAFAR, 2007).

As novas formas de produção em Arquitetura, associadas à tecnologia digital, são grandes aliadas na inovação de projetos, na fabricação e na Construção. A partir destas,

os projetos não são apenas criados digitalmente, mas também produzidos digitalmente através de processos controlados numericamente por computador (CNC), conhecidos como processos “*file-to-factory*”. Esse processo é caracterizado pela comunicação direta do modelo digital 3D com as máquinas de corte. (PUPO, 2009).

A grande maioria dos arquitetos já incorporaram o CAD (*Computer Aided Design*) como ferramenta de desenho. No entanto, alguns profissionais de vanguarda têm explorado novas formas de representação associadas à fabricação digital, como o CAM (*Computer Aided Manufacturing* – Computador Auxiliando a Manufatura), que converge um maquinário de peso destinado à execução de elementos construtivos para serem encaminhados diretamente à obra. (PUPO, 2009).

Esses maquinários, principalmente as máquinas de controle numérico (CNC - *Computer Numeric Control*), são hoje amplamente utilizadas na Arquitetura. São responsáveis pela produção elementos construtivos de um edifício, fôrmas para concreto armado, ornamentos utilizados em obras de restauro e até mesmo pela produção de um edifício inteiro (PUPO, 2009). O processo de fabricação digital se desenvolve em dois passos: “analisando as informações estruturais para todas as partes do projeto com a utilização de *software* CAM e traduzindo toda a informação analisada anteriormente para uma máquina CNC”. (SCHODEK et al. 2005, p.137).

Diversos benefícios no processo de projeto e produção da Arquitetura são proporcionados pela fabricação digital. Dentre eles pode-se destacar a otimização projeto, ganho de tempo, antecipação das falhas de interfaces através do modelo 3D e menor desperdício de materiais, já que é possível fazer um planejamento para aproveitar o máximo do material antes do corte. Além disso, a flexibilidade e personalização do projeto, proporcionadas pela fabricação digital, permitem uma maior liberdade formal. (MIOTTO, 2016).

## **2.4 Prototipagem**

Entende-se por prototipagem, uma ferramenta que auxilia no processo de projeto, produzindo em um curto espaço de tempo, protótipos dos projetos (BATISTELLO et al. 2015).

Para Erlhoff e Marshal (2008) os protótipos são destinados a testar as funções e a realização de um projeto novo, antes de entrar em produção industrial. A prototipagem

é uma etapa integrante do processo de projeto da maioria dos produtos, pois permite a avaliação, a detecção de defeitos ou falhas antes dele ser produzido em massa.

Desde que as impressoras 3D foram desenvolvidas pela primeira vez, na década de 1980, a tecnologia passou a fazer parte do setor aeroespacial e automotivo e foi abraçada por DIYers e inventores. (GONCHAR, 2016). Inserida na Arquitetura em 1991, a prototipagem permite a produção dos modelos em escalas reduzidas ou protótipos em escala 1:1 para avaliações. (SASS e OXMAN, 2006).

Conforme Pupo (2009), a prototipagem pode auxiliar no desenvolvimento de projetos de alta complexidade da concepção ao detalhamento executivo, além de facilitar a comunicação com equipes de obra durante sua execução. Esses protótipos possibilitam visualizar possíveis erros, fazer estudos de eficiência energética, gerando assim, as soluções para possíveis problemas antes da construção do modelo final.

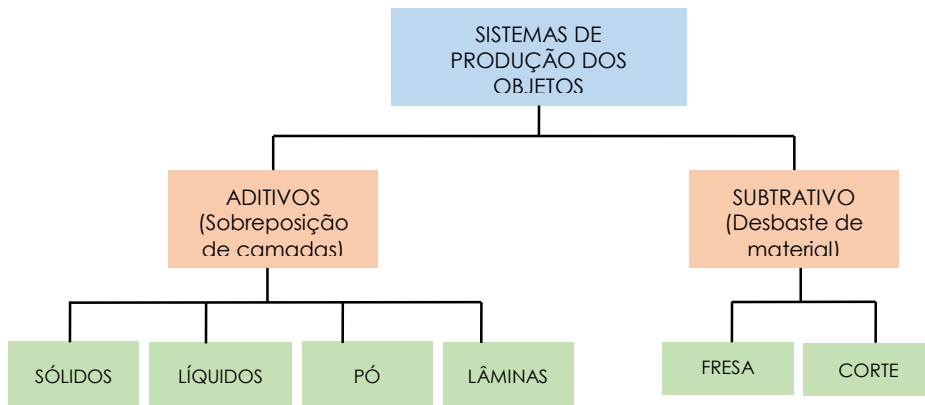
De acordo com Saura (2003), a prototipagem rápida é o termo dado às tecnologias que são utilizadas para fabricar objetos físicos diretamente de um arquivo digital tridimensional produzido em sistemas CAD. Buswell et al (2007) ressalta que a prototipagem rápida normalmente utiliza métodos de produção de protótipos por sistemas aditivos. Nesse processo, a fabricação é feita pela adição de material, camada por camada, permitindo a produção de modelos em três dimensões a partir de modelos geométricos gerados em sistemas CAD.

Pode-se definir, portanto, que a prototipagem rápida consiste em um conjunto de tecnologias que formam um modelo para estudos a partir de informações geradas em arquivo digital CAD. Entre as principais vantagens, pode-se destacar a redução no tempo de produção, aumento da qualidade, menos desperdício de materiais e redução de custos.

#### 2.4.1 Métodos de Produção

Os métodos de produção em Arquitetura são divididos em dois grupos de sistemas, o aditivo e o subtrativo (Figura 08).

**Figura 08** – Sistemas de produção de objetos em Arquitetura.



Fonte: Adaptado de Pupo, 2009.

#### 2.4.1.1 Sistemas Aditivos

Os sistemas aditivos podem ser definidos como um conjunto de tecnologias que traduzem dados de modelos virtuais em objetos físicos. Nesse sistema os dados são divididos em uma série de seções transversais 2D. Essas sessões são alimentadas em máquinas de manufatura aditiva, que combinadas em sequência, camada por camada, formam a geometria final (Gibson et al., 2014). Conhecida como impressão 3D esse sistema pode transformar materiais como plásticos, metais, cerâmicas, concreto e outros em objetos tridimensionais de várias formas e geometrias (GONCHAR, 2016).

As etapas dos sistemas aditivos são sempre as mesmas, o que varia são os materiais utilizados e o tempo de impressão. O processo básico pode ser resumido em quatro etapas principais:

- 1 - O desenho no CAD;
- 2 - O planejamento da impressão 3D;
- 3 - A fabricação;
- 4 - O acabamento.

Existem diversas técnicas de prototipagem rápida pelo processo aditivo de material. Geralmente são divididas de acordo com o tipo de material utilizado, baseados em sólidos, líquidos, pó e lâminas.

### Processos baseados em sólidos

Para a confecção das peças desse grupo, o material utilizado encontra-se no estado sólido. Os materiais serão derretidos antes de serem depositados em camadas, portanto, podem ser obtidos inicialmente em forma de filamentos plásticos ou qualquer outra forma. (PUPO, 2009).

Volpato et al. (2007) também afirmam sobre o estado inicial dos materiais, que se encontram em estado sólido, podendo estar sob forma de lâmina, filamento ou fundido para ser depositado. No Quadro 01 são apresentadas três tecnologias desse grupo.

**Quadro 01** - Processos aditivos baseados em sólidos.

SISTEMA	TIPOS DE MATERIAIS
FDM – <i>Fused Deposition Modeling</i> (Modelagem por Fusão e Deposição)	Plástico ABS e Policarbonatos em forma de filamento
MJM - <i>Multi Jet Modeling</i> (Processo de modelagem por jato de tinta)	Termoplástico
BenchTop – Jato de tinta	Termoplástico (epóxi ou silicone) para a impressão da peça e uma cera para os suportes

Fonte: Adaptado de Pupo, 2009.

### Processos baseados em líquidos

Segundo Pupo (2009) neste grupo as tecnologias utilizam materiais em estado líquido antes do processamento para a confecção das peças, como pode ser visto no Quadro 02.

**Quadro 02** - Processos aditivos baseados em líquidos.

SISTEMA	TIPOS DE MATERIAIS
SLA – Stereolithography Apparatus (Aparato de Estereolitografia)	Resinas a base de acrilatos ou epoxy
POLYJET – Impressão à jato de foto polímero	Foto polímero (resina e gel fotocurável)

Fonte: Adaptado de Pupo, 2009.

### Processos baseados em pó

Este processo consiste em tecnologias que utilizam matéria-prima em estado de pó para a confecção dos protótipos (PUPO, 2009). Conforme Volpato et al (2007) existe uma grande variedade de materiais podem ser utilizados nesse processo, apresentando uma variedade de materiais disponíveis nesta categoria muito mais ampla em relação aos processos baseados em sólidos e líquidos. No Quadro 03 foram apresentadas quatro tecnologias desse grupo.

**Quadro 03** - Processos aditivos baseados em pó.

SISTEMA	TIPOS DE MATERIAIS
SLS – <i>Selective Laser Sintering</i> (Sinterização Seletiva a Laser)	Elastômero, nylon, poliamida, poliamida com microesferas de vidro, cerâmica e metal com polímero.
3DP – 3D Printer	Cerâmica, metal, polímero, gesso e material a base de amido. (Para cada tipo de material deve ser aplicado um aglutinante específico)
CAM-LEM - Computer Aided Manufacturing of Laminated Engineering Materials	Materiais cerâmicos e metálicos
EBM - <i>Electron Beam Melting</i> (Derretimento por feixe de elétrons)	Titânio Ti6Al4V (ASTM23 F136), titânio Ti6Al4V ELI (ASTM F136), titânio “Grade 2” (ASTM F67) e liga metálica de cobalto e cromo (ASTM F75)

Fonte: Adaptado de Pupo (2009) e Volpato (2007).

### Processos baseados em lâminas

Nesse grupo são utilizadas como matéria-prima lâminas de papel, que podem ter várias espessuras e são abastecidas individualmente ou em rolo (PUPO, 2009). No Quadro 04 a seguir são apresentadas algumas características de duas tecnologias desse grupo.

**Quadro 04** - Processos aditivos baseados em lâminas.

SISTEMA	TIPOS DE MATERIAIS
LOM – <i>Laminated Object Manufacturing</i> (Manufatura por Objeto Laminado)	Papel (o tipo Kraft com adesivo termicamente ativado à base de polietileno é o mais utilizado)
PLT – <i>Paper Lamination Technology</i> (Tecnologia por laminação de papel)	Papel

Fonte: Adaptado de Pupo (2009).

#### 2.4.1.2 Sistemas Subtrativos

Caracterizado pelo desbaste de material, até que a peça desejada seja produzida. Nesse sistema um bloco de material é desbastado por fresas que podem se mover em diversos eixos, ou também com o auxílio de um eixo rotatório que movimenta o bloco, diminuindo a necessidade de deslocamento da fresa (CELANI; PUPO, 2008).

Uma das grandes vantagens na utilização destas técnicas é a variedade de materiais podem ser utilizados em sua forma natural, como por exemplo a madeira e poliuretano (PUPO, 2009). O método subtrativo é dividido em dois tipos, por fresas do tipo CNC e por corte, que serão abordadas nos itens a seguir.

##### Fresadora CNC

A máquina CNC, controlada numericamente por computador, é capaz de reproduzir fisicamente em um material o modelo, na forma de instruções, que dependerão dos diferentes processos de fabricação a serem utilizados. Existem diferentes tipos de fresadoras, variando de um a seis eixos. O grau de complexidade alcançado pela geometria aumenta de acordo com os recursos e número de eixos que o equipamento possui (PUPO, 2009).

##### Cortadora a laser

As cortadoras são caracterizadas por movimentos bidimensionais do eixo de corte e sua aplicação depende do material a ser utilizado.

A cortadora a laser é a mais comum, equipada com um conjunto de espelhos que direciona o feixe de laser no material a ser cortado. O calor do feixe queima o material, cortando-o ou deixando uma marca ou vinco, cuja profundidade varia de acordo com a espessura do material e a potência pré-ajustada do laser (POTTMANN et al, 2008).

### Cortadora de jato de água (water jet)

Um jato de água de alta pressão que se mistura com partículas abrasivas sólidas é transportado por um pequeno orifício (*nozzle*) em um canal muito bem focalizado, causando rápida e certa erosão no material posicionado na plataforma, o que permite cortes limpos e precisos. Diferentes materiais podem ser cortados nesse tipo de cortadora, dentre eles, madeira, plástico metal, pedra, cerâmica, vidro e materiais compostos (PUPO, 2009)

Segundo Schodek (2005) a grande vantagem das cortadoras de jato de água é o efeito de resfriamento da corrente de água, que permite que qualquer material sensível ao calor seja cortado. As vantagens ainda incluem alta velocidade de corte e a possibilidade de se fazer cortes no meio da peça (como a cortadora laser) e ainda a eliminação de fixação da peça na máquina.

### Cortadora Plasma-arc

As cortadoras Plasma-arc utilizam um arco elétrico e gás comprimido atingindo uma temperatura de quase 14.000 graus Celsius no momento do corte, possibilitando, desse modo, o uso de placas de aço mais grossas (PUPO, 2009).

## **2.5 Cultura *Maker* e FabLab**

A Cultura *Maker* é uma extensão atual da cultura *Do-It-Yourself* (DIY), em português, “faça você mesmo”. Essas culturas envolvem uma série de atividades criativas e se baseiam na teoria de que qualquer pessoa pode criar, modificar e fabricar diversos objetos por conta própria. As técnicas utilizadas são na maioria das vezes compartilhadas para que outras pessoas possam reproduzir ou mesmo readequar os objetos para melhor atendê-las. (BUECHLEY et al. 2009).

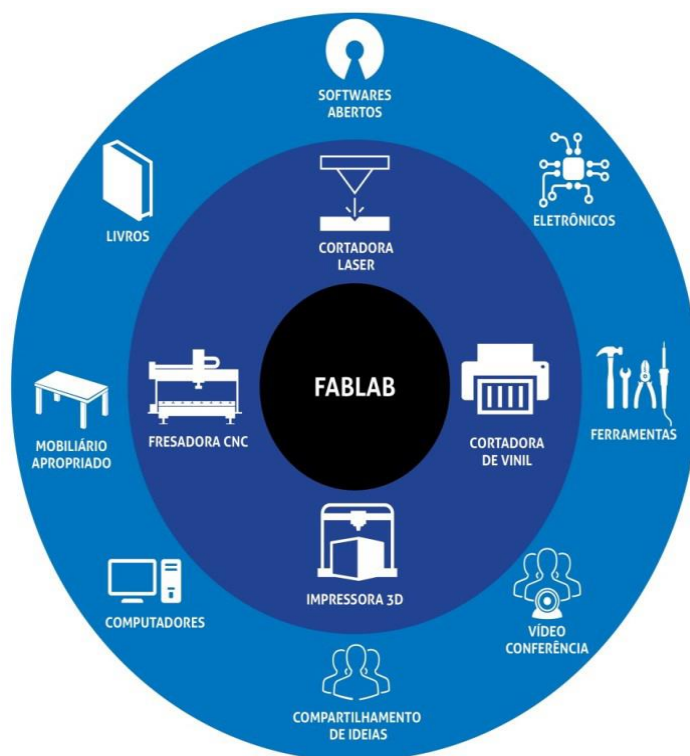
Seguindo a tendência global da cultura *maker* e com influência dos movimentos *open source* (código aberto) e *open design* (design aberto), o FabLab surge com o objetivo de compartilhar ferramentas e processos, focando em pesquisa e inovação. (GOMES, 2016).

O FabLab é uma organização sem fins lucrativos que surgiu em 2009 nos EUA no Centro de Bits e Átomos do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*). De acordo com a *FabFundation* a principal função da organização é fornecer acesso às ferramentas e ao conhecimento para educar, inovar e inventar, através das tecnologias

e da fabricação digital, a fim de permitir que qualquer pessoa faça o que quiser, criando oportunidades para melhorar vidas e meios de subsistência por todo o mundo. As organizações comunitárias, instituições educacionais e instituições sem fins lucrativos são os principais beneficiários. Para se caracterizar como um FabLab, é preciso que as ferramentas e máquinas sejam de acesso livre e gratuito à comunidade. (EYCHENNE; NEVES, 2013).

Os FabLabs oferecem um conjunto de equipamentos eletrônicos e máquinas, como máquina de corte a laser capaz de produzir estruturas 2D e 3D, máquina de corte de vinil, fresadoras dentre outras. As máquinas são controladas por meio de um *software* comum de concepção e fabricação assistida por computador. (EYCHENNE; NEVES, 2013). Na Figura 09 são apresentados os equipamentos sugeridos para compor um FabLab.

**Figura 09** – Máquinas sugeridas para compor um FabLab aconselhados pelo CBA-MIT.



Fonte: Oliveira, 2016, p.24.

As regras de funcionamento do FabLab, segundo a rede Fab Charter (2011) são:

1) Missão: os FabLabs pertencem a uma rede global de laboratórios locais, que devem oferecer condições ideais para promover o espírito de inovação e criatividade, ao disponibilizar o livre acesso a ferramentas para fabricação digital.

2) Acesso: os laboratórios podem ser utilizados para criar praticamente qualquer coisa, desde que seja por uma boa causa. Os usuários devem compartilhar o mesmo espaço e os projetos com outras pessoas.

3) Aprendizagem: o processo de aprendizagem baseia-se na realização de projetos e na troca de experiências, sendo que cada um deve contribuir com documentação e tutoriais dos trabalhos realizados.

4) Responsabilidade: As pessoas são responsáveis pela segurança (trabalhar sem colocar em risco pessoas ou equipamentos); Limpeza (deixar o laboratório mais limpo do que estava); e operações (cooperar com operações de manutenção e de reparação, reportando qualquer necessidade observada).

5) Confidencialidade: os projetos e processos desenvolvidos nos FabLabs deverão ser disponibilizados à comunidade, precavendo, sempre que desejado, a proteção dos direitos autorais.

6) Negócio: podem ser criadas atividades comerciais a partir do FabLab mas não devem conflitar com o livre acesso dos dados. Esses tipos de atividades devem crescer para além do FabLab, sendo importante que os inventores e a rede FabLabs, que contribuíram para o seu sucesso, se beneficiem com isso.

Dados do *FabFoundation* mostram que os FabLabs estão presentes em mais de 70 países, com mais de 1150 laboratórios espalhados por todo o mundo. No Brasil existem até o momento 72 laboratórios registrados, distribuídos conforme a Figura 10.

**Figura 10 – FabLabs no Brasil.**



Fonte: FabFundation, 2018.

Observa-se que a maioria dos estados brasileiros já possuem pelo menos uma unidade do FabLab, podendo se beneficiar com os recursos oferecidos por eles.

Na Arquitetura os FabLabs apresentam um grande potencial, inclusive para a fabricação de abrigos emergenciais, assunto abordado no presente trabalho. Verifica-se em situações de emergência, a necessidade de rápido fornecimento de abrigos emergenciais, onde não há mão de obra especializada e os recursos financeiros são baixos. A fabricação digital dos abrigos emergenciais em FabLabs, ou mesmo em fábricas e oficinas que possuem as máquinas necessárias é um recurso necessário para essas situações.

Após a fabricação das peças componentes do abrigo emergencial, os futuros moradores podem auxiliar a montagem dos abrigos, uma vez que os sistemas podem possuir encaixes simples, sem a necessidade de ferramentas ou equipamentos maiores para a montagem.

## **CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA**

Para a realização do presente trabalho, buscou-se na pesquisa bibliográfica, aprofundar o conhecimento sobre os abrigos emergenciais e verificar quais contribuições das tecnologias digitais podem ser aplicadas em habitações dessa tipologia. Nesse sentido, a pesquisa se desenvolveu a partir da seguinte estrutura metodológica:

### **3.1 Levantamento de dados**

A coleta de dados partiu do levantamento sistemático de abrigos emergenciais e outras pequenas unidades ou pavilhões com potencial de fabricação digital, culminando na organização de um banco de dados com 25 casos, com objetivo de analisar os sistemas construtivos e materiais mais recorrentes.

Os estudos de caso foram feitos em quadros, divididos conforme o tipo de sistema construtivo: sistema construtivo em madeira; sistema construtivo em estrutura metálica; sistema construtivo em plástico; sistema construtivo em bambu; sistema construtivo em concreto; e sistema construtivo em papel. Em cada quadro foram colocadas informações referentes ao nome do modelo com a imagem, o arquiteto responsável pelo projeto, a categoria da construção (casa, abrigo, emergencial, pavilhão etc.), o ano do projeto, qual a composição da estrutura, os equipamentos de produção, o tempo de produção e o tempo de montagem, quais os materiais empregados, como é o sistema de montagem e desmontagem, quais máquinas são utilizadas na montagem, a área do modelo, a durabilidade, e se o modelo foi construído ou não.

A partir dos dados obtidos na tabela foram feitas análises referentes ao número de abrigos, quais sistemas construtivos foram mais recorrentes, quantos modelos utilizam a fabricação digital e quantos modelos já foram construídos. Essas informações serviram para compreender como têm sido empregados os abrigos emergenciais, quais os sistemas construtivos mais utilizados e qual a possibilidade de adaptação dos modelos para poderem ser fabricados digitalmente.

### 3.2 Estudos práticos

Foram realizados estudos práticos utilizando os equipamentos do laboratório Nó-Lab do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFV. Foram realizados experimentos de prototipagem de modelos de *Wikihouse*, disponibilizados na rede por diferentes comunidades do globo, como *GitHub*, *3D Sketchup Warehouse*, *Google Drive*. Cinco modelos foram escolhidos em função do material disponível online: (a) *Microhouse*, a primeira versão da *Wikihouse* projetada para o Reino Unido; (b) *SCS Wikihouse*: modelo ainda em desenvolvimento, criado por Danny Squires, Martin Luff e Clayton Prest, após os terremotos em 2011 na cidade de Christchurch, Nova Zelândia; (c) *Wikished*, derivado do modelo *Wikihouse 3.0*, desenvolvido por Eric Schimelpfenig; (d) *PPES Reading Hut*, construído no workshop do evento *Taipei Digital Arts Festival* em 2015.

Por meio dos estudos práticos, foi possível analisar como é o processo de produção e construção utilizando as ferramentas digitais, além de verificar quais modelos de encaixes são mais eficientes e quais precisam de ajustes.

Após a montagem dos modelos, foram feitas as análises. Para cada exemplar, foi feita uma tabela com a quantidade de peças, separadas por categorias de estrutura, fechamentos de piso, parede e cobertura e conectores. Em seguida, foram realizadas simulações, pelo aluno da graduação e bolsista de iniciação científica Igor Ambrósio Faria, no *software Vectric Aspire* a fim de verificar qual o tempo de corte de cada modelo na escala 1:1. A simulação do tempo de corte de todos os modelos foi feita para uma máquina CNC fresadora de três eixos, com fresa de topo reto com diâmetro de 6mm, profundidade de passagem de 4mm, passo lateral de 2,4mm, velocidade de passagem de 15000 R.P.M., velocidade de avanço e velocidade de ataque de 500mm/seg. As simulações limitam-se ao tempo de corte e não consideram a troca das chapas e aparafusamento no local.

Por fim, foi feito um quadro comparativo com o resultado das análises de cada exemplar. Nele foram comparadas informações de área, número de peças diferentes, número de peças iguais, tempo de corte e o custo estimado de material para fabricação na escala 1:1.

Este estudo prático tem o objetivo de verificar a viabilidade da fabricação digital para a produção dos abrigos emergências, a possibilidade de adaptação dos projetos já

existentes e a definição de diretrizes para a construção de abrigos utilizando a fabricação digital.

### **3.3 Elaboração de diretrizes**

Após a coleta dos dados das pesquisas bibliográficas e dos estudos práticos, foi feita a organização das informações (materiais, área, revestimentos, sistemas de montagem) e análises. A partir dessas análises, foram elaboradas diretrizes e recomendações para otimizar o tempo de fabricação, diminuir custos e aumentar a estabilidade da construção, com o objetivo de adaptação do modelo de madeira do tipo *Wikihouse* para a confecção de abrigos temporários.

### **3.4 Desenvolvimento de um exemplar de abrigo emergencial**

A partir das informações obtidas nas análises dos estudos práticos e das diretrizes, foi desenvolvido um módulo de abrigo emergencial, a partir de melhorias do modelo Vermont Microhouse. Questões importantes como a padronização de peças, identificação alfanumérica, redução de materiais, redução de custo e elaboração de um manual de montagem foram colocadas em prática no exemplar.

## **CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **4.1 Banco de dados**

Existem diversas maneiras de se construir um abrigo emergencial. Variáveis como o clima, local de implantação, cultura, materiais disponíveis, recursos financeiros e o tipo de desastre ocorrido são algumas das principais características que devem ser consideradas na hora da concepção de um abrigo emergencial.

Com a finalidade de compreender essas características foram feitos 25 estudos de caso de abrigos emergenciais, além de pequenas casas e pavilhões que possuem potencial de serem utilizados como abrigos emergenciais.

Os estudos foram divididos conforme o tipo de sistema construtivo e as informações mais detalhadas podem ser vistas nos quadros de 5 a 10.

Legenda:








NE = informação não encontrada.

Curto prazo = até 2 meses

Médio prazo = até 2 anos

Longo prazo = até 5 anos

Quadro 05 – Estudos de caso com sistema construtivo de madeira.

SISTEMA CONSTRUTIVO EM ESTRUTURA DE MADEIRA																
MODELO	ARQUITETO	CATEGORIA	ANO	ESTRUTURA	EQUIPAMENTOS DE PRODUÇÃO	TEMPO DE PRODUÇÃO	TEMPO MONTAGEM	MATERIAIS	SISTEMA DE MONTAGEM	SISTEMA DE DESMONTAGEM	MÁQUINAS PARA MONTAGEM	ÁREA	DURABILIDADE	CONSTRUÍDO		
01	Abrigos para o Nepal		Shigeru Ban	Abrigo emergencial	2015	Sistema modular em madeira e treliças com tubos de papel	NE	NE	NE	Fechamentos: Tijolos feitos de entulhos	Alvenaria	Estrutura com encaixes	Nenhuma	29,16m <sup>2</sup>	longo prazo	Sim
02	Casa Elemental Tecno Panel		Alejandro Aravena	Abrigo emergencial	2010	Painel Isolante estrutural – Tecnologia SIPs	NE	Produção de 16 unidades/dia. Tempo entre encomenda e montagem de 1 semana	1 dia (3 trabalhadores)	Fechamentos: Painel Isolante estrutural cobertura: Painel Isolante estrutural e telhas	Encaixes, pregado	Desencaixe, despregado	Nenhuma	24,00m <sup>2</sup> , 30,00m <sup>2</sup> , 36,00m <sup>2</sup>	longo prazo	Sim
03	Abrigo emergencial		Nic Gonsalves e Nic Martoo	Abrigo	2012	Painéis pré-fabricados de compensado intertravados	NE	NE	NE	Fechamentos: Placas de madeira Cobertura: Telha plástica translúcida	Encaixes	Desencaixe	Nenhuma		Médio prazo	Sim
04	Puzzle House		Peter Stoutjesdijk	Casa	2013	Chapas de compensado ou MDF (fabricação digital – CNC)	Fresa CNC	NE	5h	Chapas de compensado ou MDF	Encaixes	Desencaixe	Nenhuma	NE	Médio a longo prazo	Não
05	Microhouse		Equipe Wikihouse	Casa	2016	Chapas de compensado (fabricação digital – CNC)	Fresa CNC	5 dias	1 dia (2 ou mais pessoas)	Chapas de compensado	Encaixes	Desencaixe	Nenhuma	37,50m <sup>2</sup>	longo prazo	Sim
06	Pavilhão itinerante de ensino		Giordana Dileta Pacini, Andrés Martín Passaro, Gonçalo Castro Henriques	Pavilhão	2017	Chapas de compensado (fabricação digital – CNC)	Fresa CNC	NE	NE	Cobertura: Telha translúcida Fechamentos: Chapas de compensado	Encaixes	Desencaixe	NE	Variável	Médio a longo prazo	Não
07	Endesa World Fab Condenser		Daniel Ibáñez, Rodrigo Rubio (Margen-Lab)	Pavilhão	2014	Peças em madeira fabricados digitalmente	Fresa CNC	5 dias	4 dias	Fechamentos: Tecido (Linho)	Encaixes	Desencaixe	Nenhuma	200m <sup>2</sup>	Médio prazo	Sim

Fonte: Elaborado pela autora

Quadro 06 - Estudos de caso com sistema construtivo em estrutura metálica.



SISTEMA CONSTRUTIVO EM ESTRUTURA METÁLICA																
MODELO			ARQUITETO	CATEGORIA	ANO	ESTRUTURA	EQUIPAMENTOS DE PRODUÇÃO	TEMPO DE PRODUÇÃO	TEMPO DE MONTAGEM	MATERIAIS	SISTEMA DE MONTAGEM	SISTEMA DE DESMONTAGEM	MÁQUINAS PARA MONTAGEM	ÁREA	DURABILIDADE	CONSTRUÍDO
08	Domo		More Than Shelters (MTS)	Abrigo emergencial	2016	Perfis ocos de alumínio	NE	NE	45 min (dois trabalhadores)	Piso: PVC Fechamentos: Tecido de algodão semimpermeável	Articulado, dobrável	Desdobrável	Nenhuma	23,40m²	Médio a longo prazo (10 anos)	Sim
09	Tentative		Hakan Gürsu	Abrigo emergencial	2015	Pré-fabricada	NE	NE	1h	Piso: plataforma feita de material reciclado e isolante Cobertura: Fibra de vidro Fechamentos: tecido à prova d'água acolchoado e com isolamento térmico entre suas camadas	Dobrável e encaixes	Desencaixe	Nenhuma	8m²	Médio a longo prazo	Não
10	Grid		Shaun Carter (Carterwilliamson Architects)	Abrigo emergencial	2012	Pré-fabricada	NE	NE	1 dia	Piso: Chapas de compensado no interior e chapas metálicas no exterior Cobertura: Chapas metálicas onduladas Fechamentos internos: Chapas de compensado Fechamentos externos: Chapas metálicas onduladas	Parafusada	Desparafusada	Nenhuma	37,5m²	Médio a longo prazo	Sim
11	Casa Prateleira		Orientadora Clara Ovídio de Medeiros Rodrigues e autores	Abrigo emergencial	2015	Estantes de armazenamento de estoque em lojas de atacado	NE	NE	NE	Fechamentos e piso: Chapas de compensado naval Cobertura: telha sanduiche	Encaixes	Desencaixe	Nenhuma	17,28m², 25,92m², 69,12m² (4, 6 pessoas e espaço multiuso respectivamente)	Médio a longo prazo	Não
12	Homed		Framlab	Habitação social	2015 – em curso	Metálica (HSS)	NE	NE	NE	Fechamentos externos: Placas de alumínio oxidado e vidro inteligente Revestimento interno: Placas de policarbonato impressas em 3D revestidas com madeira laminada	Encaixes e parafusado	Desencaixe e Desparafusada	NE	NE	Médio prazo	Não

Continuação do Quadro 6.

MODELO		ARQUITETO	CATEGORIA	ANO	ESTRUTURA	EQUIPAMENTOS DE PRODUÇÃO	TEMPO DE PRODUÇÃO	TEMPO DE MONTAGEM	MATERIAIS	SISTEMA DE MONTAGEM	SISTEMA DE DESMONTAGEM	MÁQUINAS PARA MONTAGEM	ÁREA	DURABILIDADE	CONSTRUÍDO	
13	Cápsula habitacional		César Oreamuno	Casa	2015	Pré-fabricada	NE	NE	NE	Piso: Lâminas de alumínio Cobertura: Telha ondulada de alumínio Fechamentos: Painéis da marca Trex	Módulos parafusados e encaixes	Desparafusada	Nenhuma	13,7m <sup>2</sup>	Médio a longo prazo	Não
14	Modular Glass House		Philip Johnson Alan Ritchie Arquitetos	Casa	2016	Metálica	NE	NE	NE	Fechamentos: Vidro Piso: Concreto	Encaixes e parafusado	Desencaixe e Desparafusada	Guindaste	80,5m <sup>2</sup> , 105,5m <sup>2</sup> ou 172,1m <sup>2</sup> (1 a 4 quartos)	Longo prazo	Não
15	Simple		Jean Nouvel	Casa	2016	Metálica	NE	NE	2 dias	Fechamentos: Painéis exteriores de alumínio leve, uma camada de espuma isolante termicamente eficiente e forro interior de madeira Cobertura: Telha metálica e forro isolante Piso: forro isolante	Encaixes e parafusado	Desencaixe e Desparafusada	Guindaste	40m <sup>2</sup> 80m <sup>2</sup> 120m <sup>2</sup> 160m <sup>2</sup> (1 a 4 quartos)	Longo prazo	Sim
16	Modular Living Unit		Paulo Mendes Da Rocha e Metro Arquitetos	Casa	2016	Metálica	NE	NE	NE	Fechamentos: Painéis de concreto Ductal reforçados com fibra, painéis de vidro, isolamento de madeira	Encaixes e parafusado	Desencaixe e Desparafusada	NE	75m <sup>2</sup> (25m <sup>2</sup> área externa) 120m <sup>2</sup> (50m <sup>2</sup> de área externa) 150m <sup>2</sup> (50m <sup>2</sup> de área externa) (1 a 3 quartos)	Longo prazo	Não
17	Re:Build Escola		Pilosio Building Peace	Escola	2015	Andaimes	NE	NE	14 dias	Cobertura: Telha metálica Fechamentos: Tela de arame preenchida com areia, terra, cascalho	Encaixes	Desencaixe	Nenhuma	256	Médio a longo prazo	Sim




Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 07 - Estudos de caso com sistema construtivo em plástico.

SISTEMA CONSTRUTIVO EM PLÁSTICO																
MODELO			ARQUITETO	CATEGORIA	ANO	ESTRUTURA	EQUIPAMENTOS DE PRODUÇÃO	TEMPO DE PRODUÇÃO	TEMPO DE MONTAGEM	MATERIAIS	SISTEMA DE MONTAGEM	SISTEMA DE DESMONTAGEM	MÁQUINAS PARA MONTAGEM	ÁREA	DURABILIDADE	CONSTRUÍDO
18	Weaving a Home		Abeer Seikaly	Abrijo emergencial	2012	Tubos de plástico de alta-resistência moldados em curvas sinodais	NE	NE	NE	Fechamentos: membrana têxtil elástica	Expansão (articulada)	Dobrável (compressão)	Nenhuma	19,6m²	Curto a médio prazo	Não
19	Green Magic Homes		Gustavo Santander	Casa	2013	Módulos de polímero reforçado com fibras (FRP)	NE	NE	3 dias	Fechamentos: painéis FRP Cobertura: vegetação	Painéis parafusados	Desparafusada	Furadeira, Parafusadeira	Variável	Longo prazo	Sim


Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 08 - Estudos de caso com sistema construtivo em bambu.

SISTEMA CONSTRUTIVO EM BAMBU																
MODELO			ARQUITETO	CATEGORIA	ANO	ESTRUTURA	EQUIPAMENTOS DE PRODUÇÃO	TEMPO DE PRODUÇÃO	TEMPO DE MONTAGEM	MATERIAIS	SISTEMA DE MONTAGEM	SISTEMA DE DESMONTAGEM	MÁQUINAS PARA MONTAGEM	ÁREA	DURABILIDADE	CONSTRUÍDO
20	ReciproBoo		Shaun Halbert	Abrijo emergencial	2008 – 2016	Bambu	Ferramenta de corte (facão)	NE	20 min	Fechamentos: Lona Estrutura: Bambu e corda	Amarração das peças de bambu com sisal	Desamarrar	Nenhuma	Máximo 18m²	Curto prazo	Sim
21	Abrijo temporário no Nepal		Charles Lai, Takehiko Suzuki	Abrijo emergencial	2015	Bambu	Ferramenta de corte (facão)	NE	2 a 3 dias	Reutilização de materiais de casas danificadas, como chapas metálicas, telas, tiras de bambu, etc.	Armação e encaixes	Desencaixe e desamarrar	Nenhuma	18m²	Curto prazo	Sim
22	Just a minute		Barberio Colella ARC	Abrijo emergencial	2015	Bambu núcleo central em OSB	NE	NE	NE	Fechamento central: Painéis OSB Fechamentos externos e cobertura: Membrana de juta branca, isolamento de lã reciclada e membrana impermeável Piso: Painéis de bambu laminado	Expansão (articulada) e Parafusada	Desparafusada e Dobrável (compressão)	Nenhuma	47,97m²	Médio a longo prazo	Não



Fonte: Elaborado pela autora.

**Quadro 09** - Estudos de caso com sistema construtivo em concreto.

SISTEMA CONSTRUTIVO EM CONCRETO																
MODELO	ARQUITETO	CATEGORIA	ANO	ESTRUTURA	EQUIPAMENTOS DE PRODUÇÃO	TEMPO DE PRODUÇÃO	TEMPO DE MONTAGEM	MATERIAIS	SISTEMA DE MONTAGEM	SISTEMA DE DESMONTAGEM	MÁQUINAS PARA MONTAGEM	ÁREA	DURABILIDADE	CONSTRUÍDO		
23	Casa impressa em 3D		Empresas ICON e New Story	Casa	2018	Concreto	Impressora 3D Vulcan	De 12h a 24h	-	Argamassa (cimento e agregados)	Impressão 3D	Demolição	Impressora 3D Vulcan	60m²	longo prazo	Sim

Fonte: Elaborado pela autora.

**Quadro 10** - Estudos de caso com sistema construtivo em papel.

SISTEMA CONSTRUTIVO EM PAPEL																
MODELO	ARQUITETO	CATEGORIA	ANO	ESTRUTURA	EQUIPAMENTOS DE PRODUÇÃO	TEMPO DE PRODUÇÃO	TEMPO DE MONTAGEM	MATERIAIS	SISTEMA DE MONTAGEM	SISTEMA DE DESMONTAGEM	MÁQUINAS PARA MONTAGEM	ÁREA	DURABILIDADE	CONSTRUÍDO		
24	Casas Paper Log		Shigeru Ban	Abrigo emergencial	1995	Tubos de papel com 4 mm de espessura e 106 mm de diâmetro	NE	NE	NE	Fundação: Caixas de cerveja Cobertura: Lona Fechamento: Tubos de papel. Entre eles são colocadas fitas de esponja à prova d'água para vedação	NE	NE	Nenhuma	52m²	Médio a longo prazo	Sim
25	Global village shelter		Global Village Shelters LLC (Daniel Ferrara e Mía Ferrari Pelosi)	Abrigo emergencial	2004	Placas pré-fabricadas de papelão reciclado	NE	NE	15 min a 20 min (duas pessoas)	Fechamentos: Papelão ondulado Triple Wall	Dobrável	Desdobrável	Nenhuma	7 m²	Curto prazo (1 ano)	Sim

Fonte: Elaborado pela autora.

Os abrigos emergenciais representam 52% dos estudos de caso. Os outros tipos de construções que estão no banco de dados como casa, escola, pavilhão e habitação social foram analisados por apresentarem outros sistemas construtivos com potencial para a produção de abrigos emergenciais.

Por meio da análise do banco de dados é possível perceber que os modelos que utilizam o sistema construtivo em estrutura metálica representam 40% do total (10 modelos). As construções em madeira também são bastante recorrentes e constituem 28% dos estudos de caso. O sistema estrutural em bambu é o terceiro mais utilizado, com 12% do total. Já o sistema construtivo que utiliza o papel representa 8% dos casos. Em seguida, apresenta-se o sistema construtivo em plástico, com dois estudos de caso (8% dos modelos) e por fim o sistema construtivo em concreto com 4% do total.

Os modelos pré-fabricados, já estão consolidados há bastante tempo no mercado e devido à facilidade de produção e distribuição em massa, são os mais utilizados. A fabricação digital ainda não é muito utilizada. Apenas 3 modelos estudados utilizam essa técnica construtiva, representando 12% do total. A impressão 3D para a produção de casas na escala de 1/1 foi introduzida recentemente no mercado da construção e representa 4% dos estudos de caso.

Os sistemas de montagem de quase todos os modelos analisados são bem simples e a maioria não necessita de mão de obra especializada ou máquinas de grande porte, o que é muito importante para a construção de abrigos emergenciais. Muitos modelos utilizam sistemas de encaixe, parafusos para fixação, amarrações e articulações para a montagem. Esses sistemas de encaixe e desencaixe também são facilitadores para a desmontagem dos modelos, o que permite a reconstrução em outros locais.

Dos 13 abrigos analisados, 9 já foram construídos. Dos 3 modelos que utilizam a fabricação digital, apenas 1 já foi construído em escala real. Esses dados demonstram que os abrigos emergenciais têm tido uma atenção maior nos últimos anos e passado por melhorias significativas. Sistemas construtivos mais simples e eficientes, adequação ao clima e cultura que antes não eram considerados, agora fazem parte dos projetos de quase todos os modelos analisados. Apesar de todos os avanços, não foi encontrado nenhum exemplo de abrigo emergencial especificamente que utilize a fabricação digital em sua produção.

No entanto, existem alguns modelos de casas e galpões disponíveis *online* que utilizam técnicas de fabricação digital. Com poucas alterações, como a adequação do tamanho e divisão do espaço em módulos, é possível transformar esses modelos em abrigos de emergência.

## 4.2 Estudos práticos

Uma das vantagens da fabricação digital é a facilidade de adaptação do projeto, o que permite a personalização e flexibilidade dos modelos já existentes. Estão disponíveis *online* diversos projetos de casas e galpões que utilizam a fabricação digital. Através do sistema de compartilhamento de dados, é possível que qualquer pessoa que domine *software* relacionados a fabricação digital, acesse os arquivos, edite o projeto conforme suas necessidades, corte e construa sua própria residência.

Com a finalidade de estudar o sistema construtivo da fabricação digital, os tipos de encaixe e o sistema de compartilhamento de dados, foram feitas análises práticas através da montagem de protótipos disponíveis na rede. Foram selecionados 5 exemplares, que utilizam o princípio da *Wikihouse*. Todos foram cortados em MDF de 2 ou 3mm, com a execução de apenas um módulo (constituído por dois pórticos) para otimizar o gasto de material e o tempo de corte.

### 4.2.1 Wikihouse

A *Wikihouse* é um projeto de código aberto criado em 2011 por Alastair Parvin e Nick Lerodiconou. O projeto permite que pessoas possam criar, baixar e imprimir casas, que podem ser montadas facilmente sem a necessidade de mão de obra especializada.

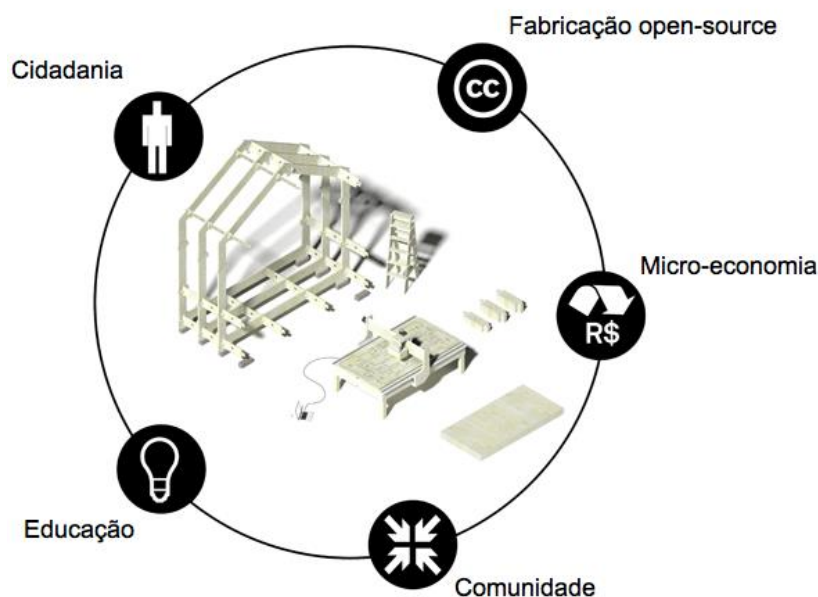
Conforme informações do site oficial da *Wikihouse*, o projeto está sendo desenvolvido por arquitetos e profissionais do ramo da construção para oferecer as melhores e mais sustentáveis tecnologias de construção que qualquer pessoa possa usar e aperfeiçoar.

Segundo o site, as principais funções da *Wikihouse* são:

- 1 – Disponibilizar as soluções de projeto para a construção de casas de baixo custo e baixo consumo de energia para todos os cidadãos e empresas;
- 2 – Utilizar a digitalização para tornar mais fácil para as indústrias já existentes projetar, investir, fabricar e montar casas melhores, que sejam mais sustentáveis e acessíveis para todos;

3 – Desenvolver uma nova indústria de habitação distribuída pelo mundo, em que os próprios cidadãos, comunidades e pequenas empresas possam produzir suas casas.

**Figura 11** – Princípios da *Wikihouse*.



Fonte: [wikihouserio.cc](http://wikihouserio.cc).

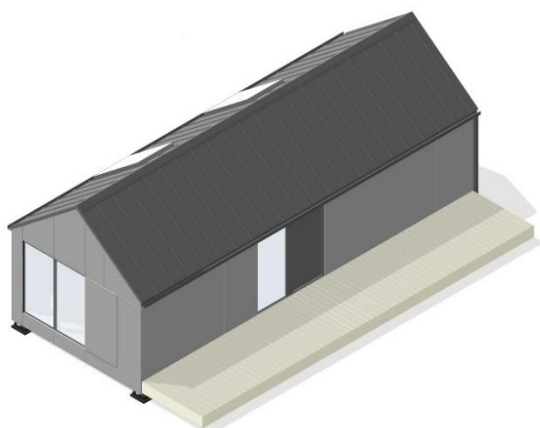
A *Wikihouse* desenvolveu uma estrutura feita de madeira compensada, cortada em uma máquina CNC. Esse modelo de estrutura, que é montado através de encaixes, foi criado pela comunidade global do *Wikihouse* e está disponível online, para que qualquer pessoa possa baixar, modificar conforme suas necessidades, cortar e montar.

#### 4.2.1.1 Microhouse

A *Microhouse* é uma casa de alto desempenho disponível na rede. Foi o primeiro modelo a utilizar o sistema de construção da *Wikihouse*. A *Microhouse* foi projetada para ser utilizada no Reino Unido, mas pode ser adaptada para ser implantada em outros países.

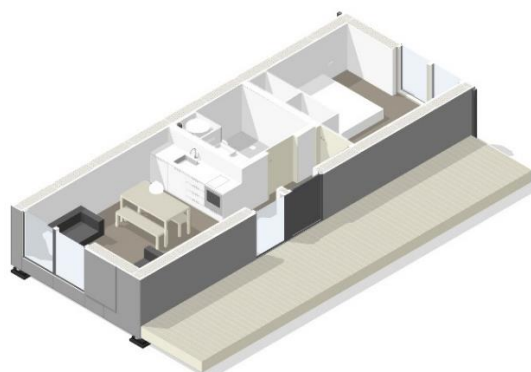
A casa possui externamente 10,95m de comprimento por 4,18m de largura. Os cômodos são divididos em sala integrada com cozinha, um banheiro e um quarto de casal. A estrutura é composta por 9 módulos de 4,33 m<sup>2</sup>, sendo a área interna total igual a 37,43 m<sup>2</sup>.

**Figura 12** – Imagem 3D externa da Microhouse.



Fonte: wikihouse.cc.

**Figura 13** – Imagem 3D interna da Microhouse.



Fonte: wikihouse.cc.

Através da contagem das peças pelos arquivos CAD, foram identificadas 124 peças diferentes e um total de 1286 peças. As peças foram separadas em fechamentos de parede, fechamentos de piso, fechamentos de cobertura e estrutura, como mostrado na Tabela 01.

**Tabela 01** - Quantidade de peças do modelo Microhouse.

<b>Categoria</b>	<b>Estrutura</b>	<b>Fechamentos de parede</b>	<b>Fechamentos de piso</b>	<b>Fechamentos de cobertura</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Peças diferentes</b>	41	73	3	7	124
<b>Total de peças</b>	937	272	17	60	1286

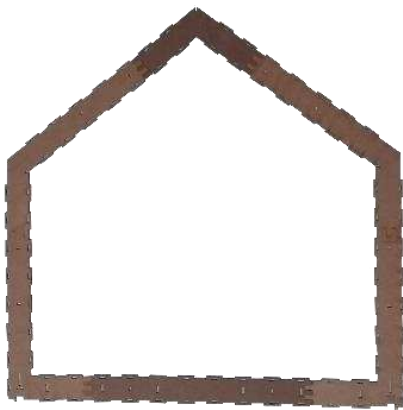
Fonte: Elaborado pela autora.

Para realizar o estudo do protótipo, as peças foram cortadas na máquina de corte a laser, no Nú.Lab, Laboratório de Modelagem Digital do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Viçosa. O modelo já possui um arquivo em CAD, com todas as peças configuradas com diferenciação de camadas para envio a equipamentos como fresadoras. Para diminuir o número de cortes e quantidade de materiais, optou-se pela execução de apenas um módulo, formado por dois pórticos. A maquete final foi elaborada na escala 1:7, adequando a proporção dos desenhos originais, na escala 1:1, à espessura o material adotado: chapas de compensado de 2mm de espessura.

O processo de montagem foi facilitado através do manual de instruções, que está disponível junto com o exemplar no site da *Wikihouse*. No entanto, devido ao elevado número de peças e como elas não saíram com o nome de identificação na hora do corte, o processo de montagem do primeiro pórtico foi mais demorado, pois foi necessário fazer a identificação manual de todas as peças antes de iniciar a montagem.

A montagem se iniciou com o encaixe das peças da face frontal do pórtico (Figura 14), em seguida foram conectadas as faces laterais (Figura 15), e por fim foram encaixadas as peças da face posterior, formando assim um pórtico (Figura 16).

**Figura 14** – Peças da face frontal do pórtico.



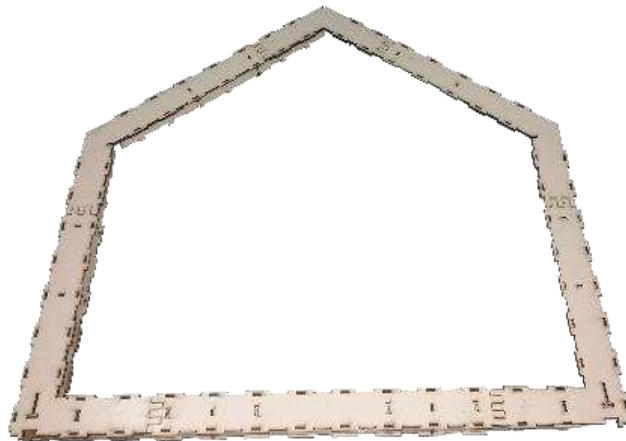
Fonte: Acervo da autora.

**Figura 15** – Face frontal com laterais do pórtico.



Fonte: Acervo da autora.

**Figura 16** – Pórtico da Microhouse completo.

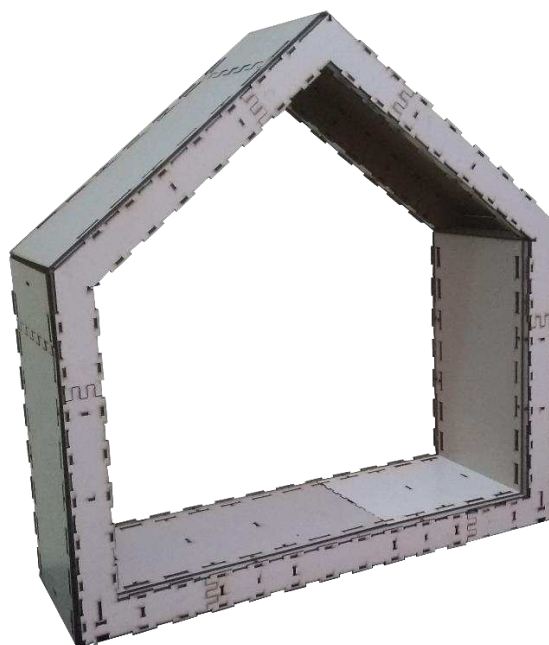


Fonte: Acervo da autora.

Já a montagem do segundo pórtico foi mais rápida devido à familiarização adquirida com a montagem do primeiro. Após a montagem dos dois pórticos foram inseridos os

conectores, fazendo a ligação entre eles. Por fim foram encaixadas as peças de fechamento do piso, das paredes e cobertura, formando assim um módulo. O módulo completo montado é apresentado na Figura 17.

**Figura 17** – Módulo da Microhouse montado.



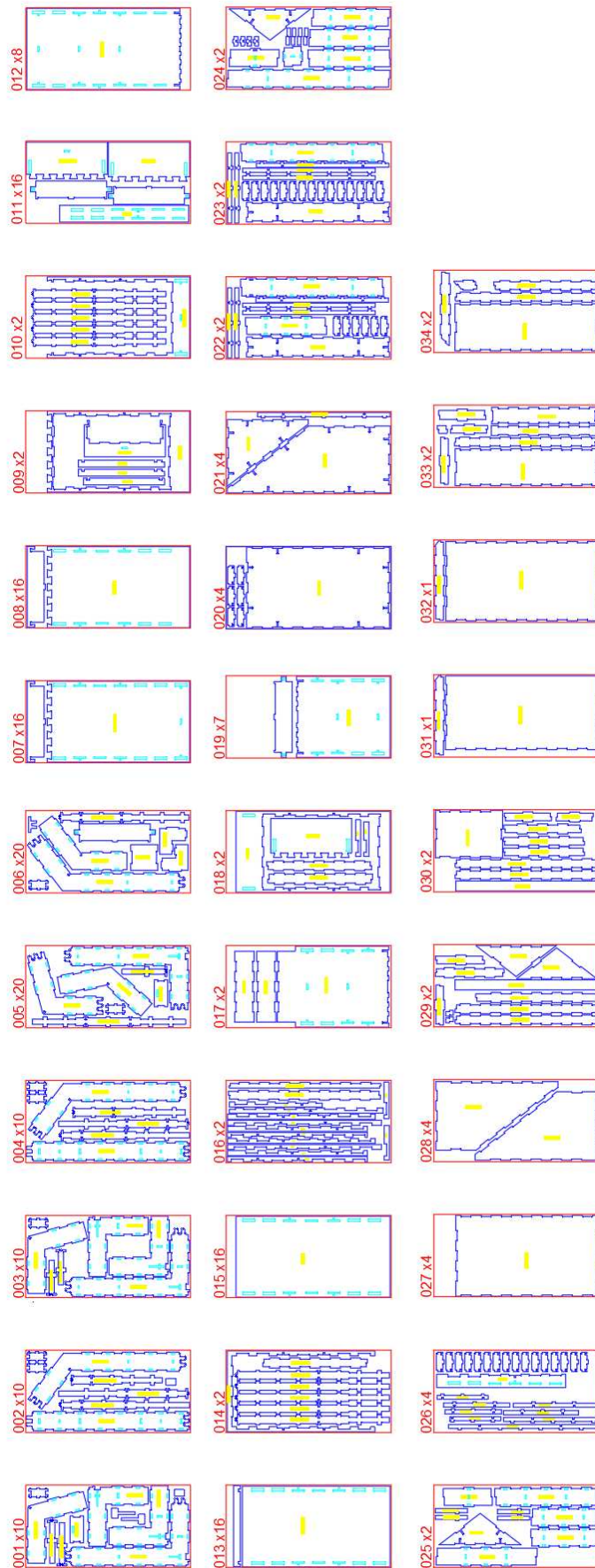
Fonte: Acervo da autora.

Esse foi o primeiro protótipo a ser montado, portanto, o início da montagem foi mais demorado, sendo necessário estudar todo o manual de montagem antes de começar a montar. Ao todo foram 4 horas e 30 minutos para montar o módulo inteiro.

O modelo na escala de 1/1 utiliza chapas de compensado com 18mm de espessura. O tempo estimado para o corte de todas as peças foi de 47 horas, 09 minutos e 48 segundos. Para construir um modelo inteiro seriam necessárias 225 chapas de compensado com tamanho de 1,22m x 2,44, como ilustrado na Figura 18.

No site da *Wikihouse* foi informado que o valor para construir a casa é de 37 a 45 mil euros. Calculando o valor em reais, em setembro de 2018 o valor médio de cada chapa é R\$150,00, portanto o custo total de material por unidade da Microhouse no Brasil é R\$33.750,00. Já o valor do metro quadrado desse exemplar é de R\$ 901,68. Ressaltando que esse custo não considera o material de consumo, bem como a troca periódica das fresas por desgaste utilizadas na máquina.

**Figura 18** - Chapas de compensado com as peças da Microhouse para corte.



Fonte: Elaborado pela autora.

O modelo apresenta muitos elementos diferentes e como peças cortadas não saíram com as devidas identificações, o processo de montagem foi dificultado, sendo necessária a identificação das peças antes da montagem.

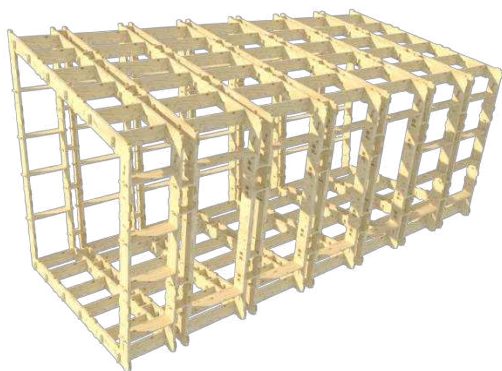
A Microhouse é bem detalhada, possui arquivos em CAD com todas as peças para corte, arquivos em *sketchup* para entender o projeto em 3D, além do manual de montagem. As peças possuem muitos pontos de encaixe e travamento, o que aumenta a estabilidade da estrutura.

A partir desse estudo prático, constatou-se que para a Microhouse ser utilizada com a função de abrigo emergencial, seria necessário aumentar a padronização das peças para reduzir seu número, a fim de racionalizar a montagem, aumentar a sua velocidade de construção e otimizar os custos da unidade final, já que essa não teria a sua função original de casa permanente e sim de um abrigo temporário.

#### 4.2.2 Vermont Microhouse

O Vermont Microhouse segue os princípios da *Wikihouse*. O arquivo em *Sketchup* do exemplar ainda não está finalizado, mas está disponível para baixar no site GitHub. De acordo com os desenvolvedores do modelo, como a estrutura é composta por módulos, ela poder ser empregada para diferentes usos. O Vermont é composta por 7 módulos de aproximadamente 3,7m<sup>2</sup>, totalizando uma área de aproximadamente 25m<sup>2</sup>. Entretanto o tamanho da residência pode variar de acordo com a quantidade de módulos sem comprometer a estrutura.

**Figura 20** - Estrutura do Vermont Microhouse.



Fonte: Imagem gerada no *Sketchup* pela autora.

**Figura 20** - Vermont Microhouse.



Fonte: Imagem gerada no *Sketchup* pela autora.

Uma das principais vantagens observadas foi a simetria das peças. Os quatro lados do pórtico apresentam peças idênticas, mudando apenas as peças de ligação entre elas, o que facilita a montagem.

Conforme o modelo 3D disponibilizado, foram identificadas 53 peças diferentes e 702 peças totais. As peças podem ser separadas em conectores dos pórticos, fechamentos de parede, fechamentos de piso, fechamentos de cobertura e estrutura, como mostrado na Tabela 02.

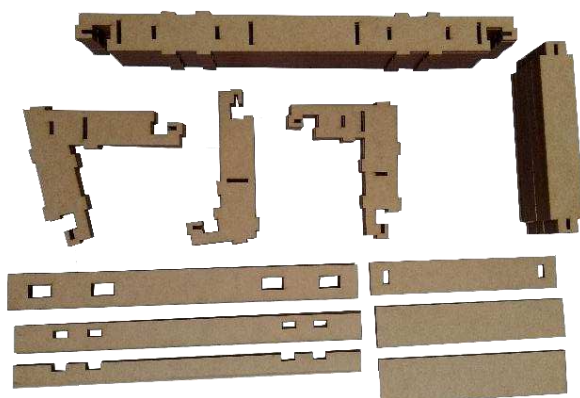
**Tabela 02** - Quantidade de peças do Vermont Microhouse.

Categoria	Estrutura	Fechamentos de parede	Fechamentos de piso	Fechamentos de cobertura	Conectores	TOTAL
Peças diferentes	9	35	6	2	1	53
Total de peças	356	142	42	42	120	702

Fonte: Elaborada pela autora.

O estudo do Vermont Microhouse foi feito a partir da prototipagem de um módulo da casa na escala 1/6, utilizando chapas de MDF de 3mm. O processo de construção iniciou com a planificação de todas as peças no *Sketchup*, já que não foi encontrado o arquivo .dwg das peças já planificadas para corte. Após a planificação, o arquivo em *Sketchup* foi exportado para o CAD, de onde foi enviado para a máquina de corte a laser. As peças utilizadas na montagem podem ser vistas nas Figuras 21 e 22.

**Figura 21** – Peças da categoria estrutura.



Fonte: Acervo da autora.

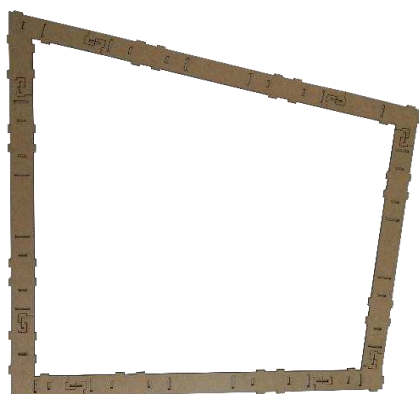
**Figura 22** – Peças da categoria fechamentos.



Fonte: Acervo da autora.

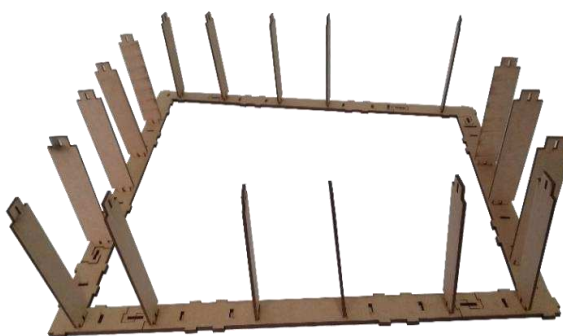
Como o exemplar ainda não possui um manual de instruções de montagem, o início desse processo foi mais demorado. Como pode ser visto na Figura 23 e Figura 24, foram conectadas primeiramente as peças da face frontal do pórtico e depois colocadas as peças de conexão entre os dois pórticos.

**Figura 23** – Início da montagem.



Fonte: Acervo da autora.

**Figura 24** – Pórtico com peças de conexão.



Fonte: Acervo da autora.

Como no modelo disponibilizado não há peças de travamento dessas ligações, como exemplificado na Figura 25, não foi possível travar a estrutura para encaixar a outra face do pórtico e colocar o módulo em pé.

**Figura 25** – Sistema de travamento das peças.



Fonte: spacecraft.co.nz

Foi necessário, portanto, montar simultaneamente os dois pórticos. Cada peça da face dos dois pórticos era unida com as peças de ligação, em seguida eram encaixadas as outras faces com os conectores (Figura 26 e Figura 27), formando assim o módulo inteiro, como pode ser visto na Figura 28.

**Figura 26** – Vista em planta do processo de montagem do módulo.



Fonte: Acervo da autora.

**Figura 27** – Processo de montagem do módulo.



Fonte: Acervo da autora.

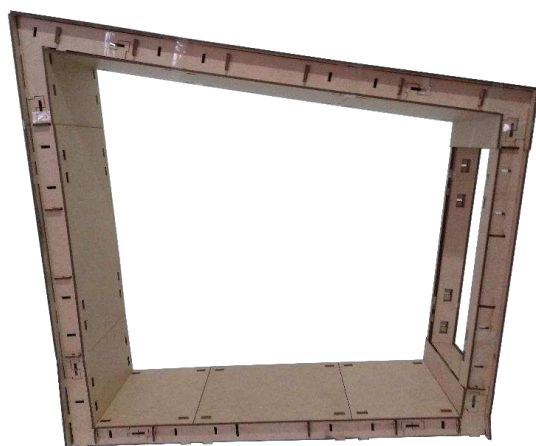
**Figura 28** – Estrutura do módulo Vermont Microhouse.



Fonte: Acervo da autora.

Após a montagem da estrutura, foram encaixadas as peças de fechamento do piso parede e cobertura, sequencialmente, constituindo um módulo completo da unidade.

**Figura 29** – Vista frontal do módulo com fechamentos.



Fonte: Acervo da autora.

**Figura 30** – Perspectiva do Vermont.



Fonte: Acervo da autora.

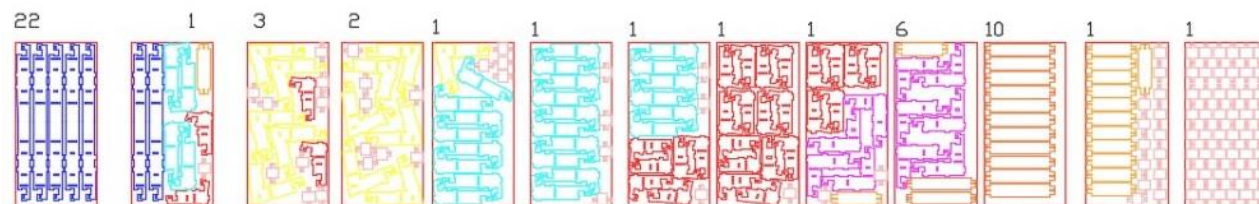
O tempo total de montagem foi de 2 horas e 45 minutos. Os encaixes são fáceis, porém como o modelo disponibilizado não possui as peças de travamento, a estrutura ficou instável. Foi necessário colocar fita adesiva para prender as conexões entre as peças dos pórticos, em analogia à sistemas de junção por cola ou aparafusamento na escala 1:1. Além disso, duas peças, as vergas superiores e inferiores da abertura da janela não ficam firmes, pois não possuem encaixes de fixação em outras peças.

A unidade apresenta muitas peças iguais, o que facilita a montagem, uma vantagem em relação ao modelo anterior. No entanto, sugere-se a inserção dos travamentos entre os conectores dos pórticos, a identificação das peças com nomes e o desenvolvimento de um manual de instruções de montagem.

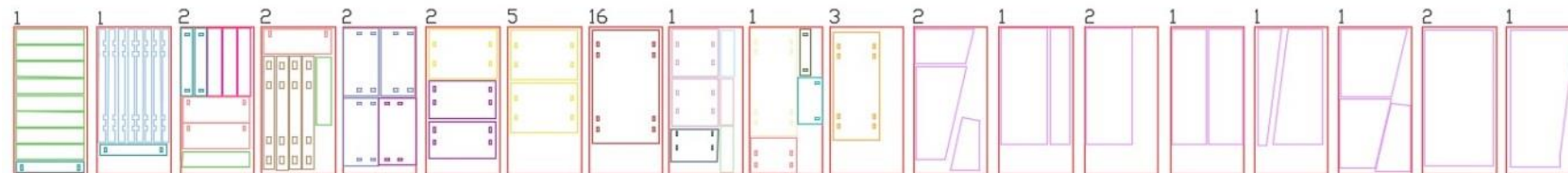
O exemplar na escala de 1:1 utiliza chapas de compensado com 18mm de espessura. O tempo estimado para o corte de todas as peças é de 24 horas, 37 minutos e 18 segundos. Para construir uma unidade inteira seriam necessárias 138 chapas de compensado com tamanho de 1,22m x 2,44, como ilustrado na Figura 31. Em setembro de 2018 o valor médio de cada chapa é R\$150,00, portanto o custo total de material por unidade do Vermont é R\$20.700,00. Já o custo do metro quadrado do exemplar é de R\$ 828,00.

Figura 31 - Chapas de compensado com as peças do Vermont Microhouse para corte.

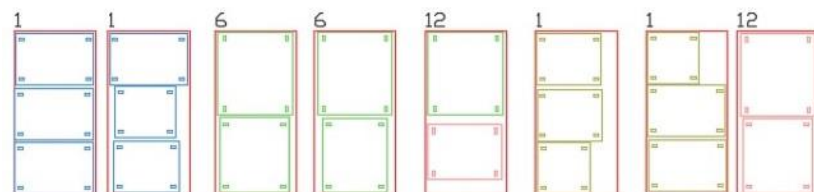
ESTRUTURA



FECHAMENTOS PAREDES



FECHAMENTOS TELHADO E PISO



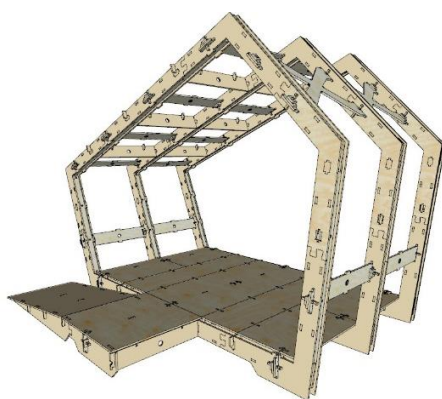
Fonte: Elaborado pela autora.

### 4.2.3 SCS Wikihouse

Este exemplar, ainda em desenvolvimento, foi criado por Danny Squires, Martin Luff e Clayton Prest. Conforme informações do site Spacecraftit, após os terremotos em 2011 na cidade de Christchurch, Nova Zelândia, Danny Squires e Martin Luff procuravam novas soluções de moradia. Após conhecerem a *Wikihouse* nas redes sociais, criaram uma empresa chamada Space Craft Systems, para desenvolver modelos *Wikihouse* para a Nova Zelândia. Os principais valores da Space Craft Systems são o design adaptável, o empoderamento das pessoas e a proteção do meio ambiente.

O primeiro exemplar desenvolvido pela empresa mede 4,00m x 2,40m. É composto por dois módulos de 4,80m<sup>2</sup>, sendo a área total de 9,60m<sup>2</sup> (Figuras 32 e 33). O ponto mais alto está a 3,70m em relação ao nível do solo. Conforme as notas de lançamento disponibilizadas com o modelo 3D, uma das águas do telhado tem inclinação de 45° e deve ser voltada para o norte, a fim de ter maior incidência solar e garantir a eficiência das placas fotovoltaicas. Já a outra face do telhado tem a inclinação pensada para o recolhimento de água da chuva.

**Figura 32** – SCS em *Sketchup*.



Fonte: Imagem gerada pela autora.

**Figura 33** – SCS *Wikihouse* montado na escala 1/1.



Fonte: atlasofthefuture.org.

O modelo 3D analisado ainda não possui as peças de fechamento das paredes e do telhado. Portanto, a contagem das peças foi feita apenas da estrutura e do fechamento do piso. A *SCS Wikihouse* possui 41 peças diferentes, e um total de 376 peças, divididas conforme a Tabela 03.

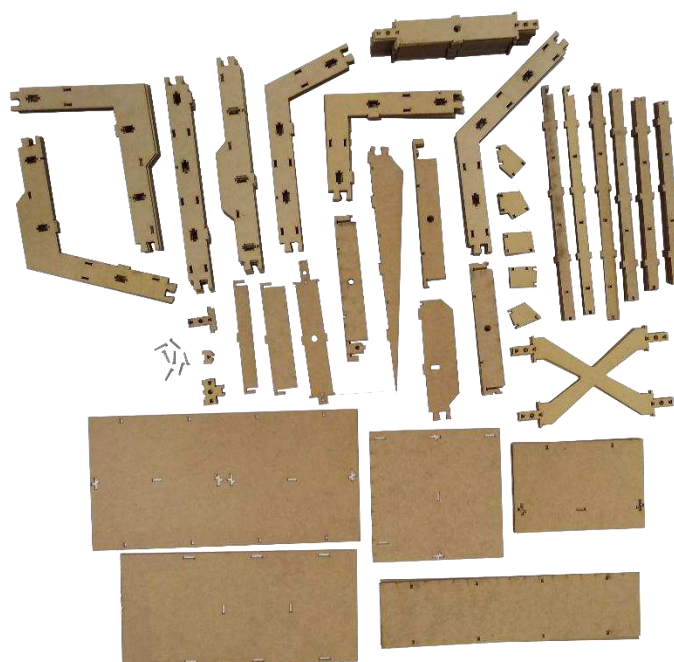
**Tabela 03** - Quantidade de peças do modelo SCS *Wikihouse*.

<b>Categoria</b>	<b>Estrutura</b>	<b>Fechamentos de piso</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Peças diferentes</b>	33	8	41
<b>Total de peças</b>	367	9	376

Fonte: Elaborada pela autora.

A análise do SCS *Wikihouse* foi feita a partir da prototipagem na escala 1:6, utilizando chapas de MDF de 3mm. O procedimento de construção iniciou a partir da planificação de todas as peças no *Sketchup*, pois também não foi encontrado o arquivo .dwg das peças já planificadas para corte. O arquivo das peças planificadas em *Sketchup* foi exportado para o CAD e enviado para a máquina de corte a laser. As peças cortadas e utilizadas na montagem do protótipo podem ser vistas na Figura 34.

**Figura 34** – Peças do modelo SCS *Wikihouse*.

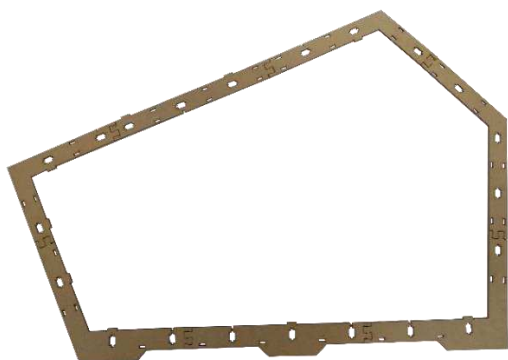


Fonte: Acervo da autora.

O início da montagem foi um dos mais difíceis. Assim como o Vermont Microhouse, esse também não possui um manual de instruções, portanto a ordem da montagem e as técnicas necessárias para o apoio das peças foram sendo descobertas ao longo do processo.

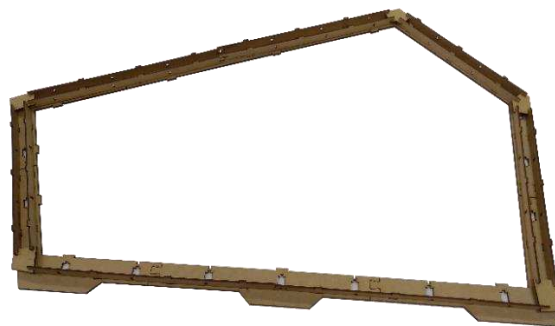
Primeiramente, todas as peças da face frontal do pórtico foram encaixadas e apoiadas sobre a mesa (Figura 35). Em seguida foram conectadas as faces laterais do pórtico (Figura 36).

**Figura 35** – Peças da face frontal do pórtico.



Fonte: Acervo da autora.

**Figura 36** – Pórtico com as laterais.



Fonte: Acervo da autora.

Devido às peças de travamento, que conectam as faces frontal e posterior do pórtico, ao tentar colocar as peças da face posterior a estrutura já montada começou a desencaixar, pois não haviam calços adequados para o suporte da estrutura.

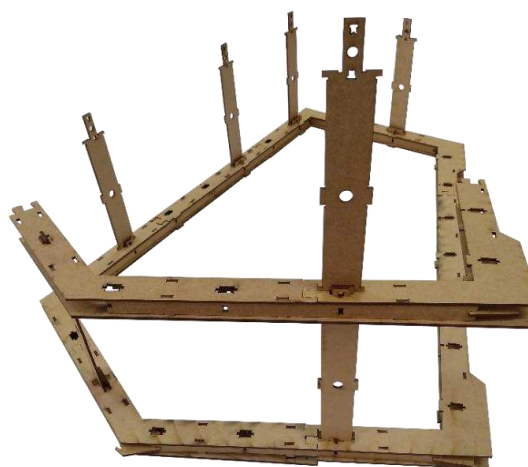
Foi necessário desmontar e recomeçar montando um lado completo do pórtico, com a face frontal, lateral, posterior e os conectores para prender essas peças (Figura 37). Essa primeira parte montada, serviu como base de sustentação para a montagem e conexão das outras partes do pórtico (Figura 38).

**Figura 37** – Montagem de uma parte do pórtico.



Fonte: Acervo da autora.

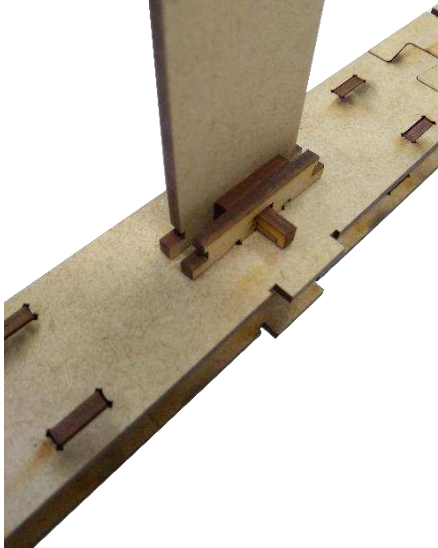
**Figura 38** – Montagem do segundo pórtico.



Fonte: Acervo da autora.

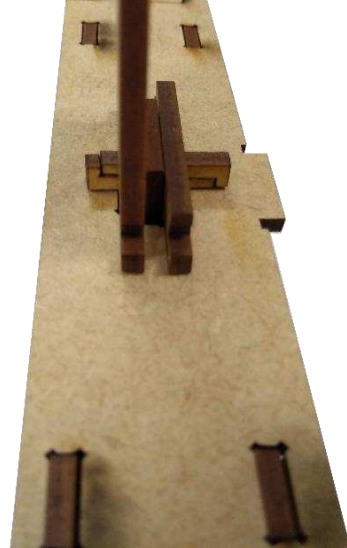
A montagem do segundo pórtico foi mais rápida, pois já se sabia o modo de montagem mais apropriado. Esse modelo apresenta um sistema estável para travamento entre as peças (Figuras 39 e 40), o que garante a estabilidade da estrutura completa (Figura 41).

**Figura 39** – Peças de travamento da estrutura.



Fonte: Acervo da autora.

**Figura 40** – Peças de travamento da estrutura.



Fonte: Acervo da autora.

**Figura 41** – Modelo SCS *Wikihouse*.



Fonte: Acervo da autora.

O tempo total de montagem foi de 5 horas e 55 minutos. Houve algumas dificuldades na montagem do primeiro pórtico e nos encaixes das peças de travamento, que em alguns pontos não encaixaram corretamente. O protótipo final ficou bem estável e não houve a necessidade de reforçar as ligações com fita adesiva ou cola.

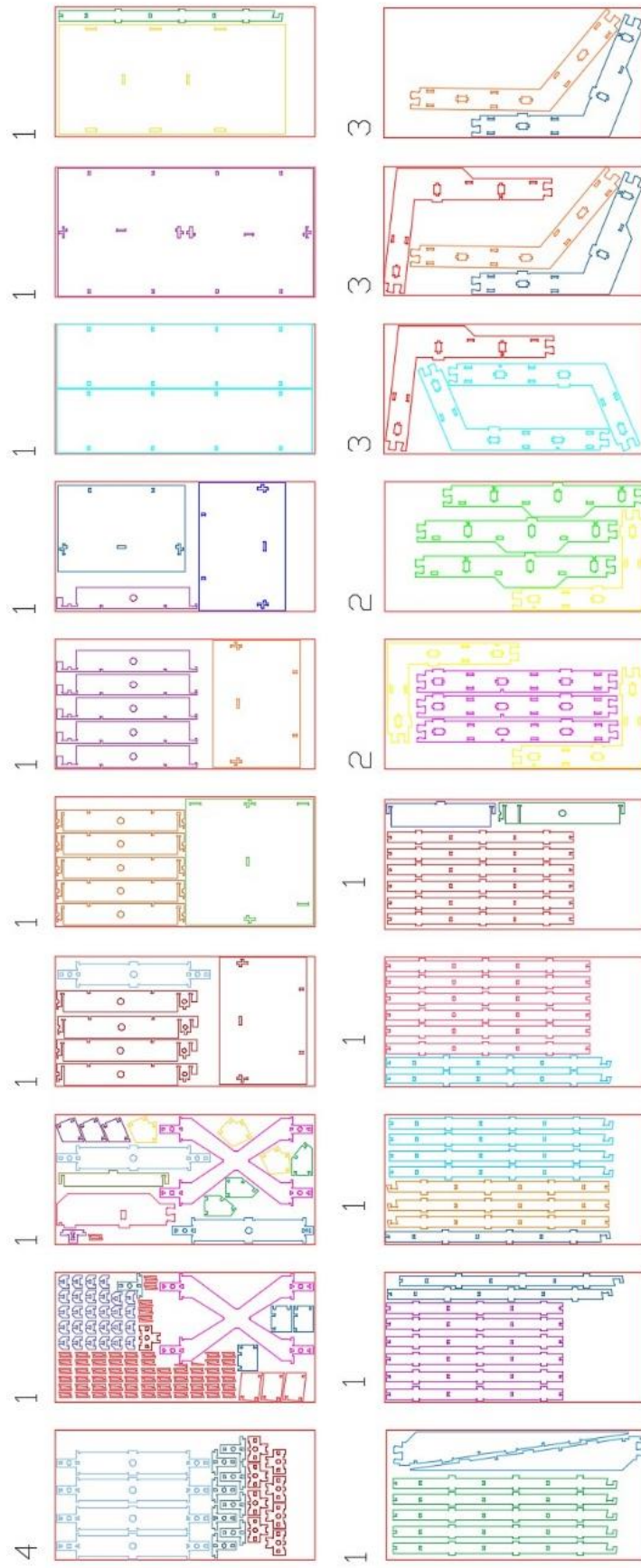
O SCS *Wikihouse* apresenta muitas peças diferentes e elas não possuem identificação. Além disso, algumas são muito parecidas, com diferenças mínimas, o que dificulta a organização da montagem.

Neste sentido, propõe-se a padronização de algumas peças, a fim de diminuir a variedade de componentes, além da identificação alfanumérica e da elaboração de um manual de montagem.

O modelo na escala de 1/1 utiliza chapas de compensado com 18mm de espessura. O tempo estimado para o corte das peças da unidade é de 6 horas, 10 minutos e 36 segundos. Para construir a unidade analisada seriam necessárias 32 chapas de compensado com tamanho de 1,22m x 2,44 (Figura 42), visto que essa quantidade é apenas para a estrutura e para o fechamento do piso, sem contar os fechamentos das paredes e do telhado.

O valor médio de cada chapa de compensado de 18mm em setembro de 2018 é R\$150,00, portanto, o custo parcial (estrutura e piso) de material por unidade da SCS *Wikihouse* é R\$ 4.800,00. Já o custo do metro quadrado desse modelo é de R\$ 500,00.

**Figura 42** - Chapas de compensado com as peças do SCS Wikihouse para corte.



Fonte: Elaborada pela autora.

#### 4.2.4 Wikished

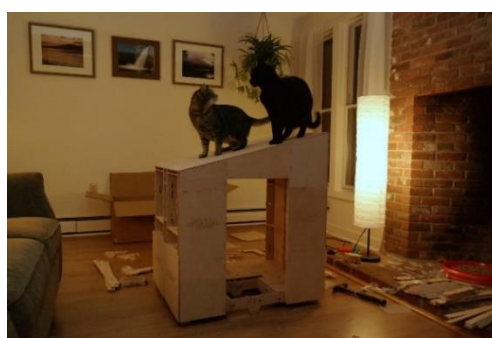
O Wikished foi derivado do modelo *Wikihouse* 3.0, desenvolvido por Eric Schimelpfenig, fundador da empresa SketchThis.net (um site de design e treinamento do *Sketchup*). Após ser convidado para participar da construção de uma *Wikihouse* no World Maker Faire em 2014, Eric Schimelpfenig decidiu projetar sua própria *Wikihouse*, que fosse habitável e funcional. Um galpão foi a solução em menor escala para colocar em prática o método de Construção as modificações (SKETCH THIS, 2018). As Figuras 43 e 44 mostram o primeiro protótipo do Wikished montado por Eric, ainda em fase de desenvolvimento.

**Figura 43** – Protótipo da estrutura da Wikished.



Fonte: sketchthis.net.

**Figura 44** – Protótipo da Wikished.



Fonte: sketchthis.net.

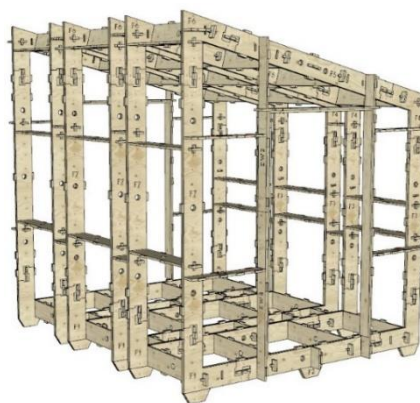
Conforme informações no site Sketch This, essa primeira montagem serviu para verificar problemas que não são percebidos no Sketchup (Figuras 45 e 46), que só são identificados quando montado na vida real. Os arquivos com informações do exemplar estão disponíveis no site GuiHub, mas ainda não é o arquivo final e faltam alguns ajustes.

**Figura 45** – Modelo 3D em Sketchup.



Fonte: Acervo da autora.

**Figura 46** – Estrutura do Wikished.



Fonte: Acervo da autora.

O Wikished possui 3,60m de comprimento por 2,89m de largura. O ponto mais alto do telhado está a 3,24m do solo, e o mais baixo a 2,52m do solo, sem considerar a fundação. A área total interna é de 10,15m<sup>2</sup>, composta por 3 módulos de 3,38m<sup>2</sup>.

Também está disponível para download uma Tabela com a identificação e quantidade de todas as peças que compõe a unidade (Figura 47).

**Figura 47** – Quadro com as especificações e quantidades de peças.

C Holder	108
Door Frame Solid Stock Header	2
Door Frame Solid Stock Tail	4
End Section Floor Panel Outer#1	4
End Section Upper Interior Panel#1	2
End Wall Interior Panel Lower#1	4
End Wall Outer Panel Lower#1	4
End Wall Outer Panel Upper Tall Side#1	2
End Wall Upper Panel Short Side#1	2
EW1	8
EW2	2
EW4	4
EW5	2
EW6	2
F1	12
F1 REAR	12
F2	6
F2 REAR	6
F3	12
F4	6
F4 Rear	6
F5	12
F6	6
F6 REAR	6
F7	12
Floor Panel Middle Outer#1	2
Kick Panel#1	2
Lower End Interior Panel#1	4
Lower Exterior Wall Panel#1	6
Lower Middle Interior Panel#1	2
Mid Section Floor Panel#1	1
Middle Interior Upper Wall Panel#1	1
Middle Section Floor Outer#1	2
Primary Connector	39
Roof Middle#1	3
Roof Outer (Top or Bottom)#1	6
Secondary Connector	24
Upper Interior End Section Short Side#1	2
Upper Interior Header Panel#1	2
Upper Interior Panel Short Side#1	2
Upper Interior Panel Tall Side#1	2
Upper Interior Panel Wall Short Side#1	1
Upper Outer Panel Short Side#1	3
Upper Outer Panel Tall Side#1	3
Wedge	54

Fonte: GitHub.

De acordo com os dados da Figura 47, o Wikished possui 45 peças diferentes e um total de 407 peças. As peças podem ser separadas em conectores, fechamentos de parede, fechamentos de piso, fechamentos de cobertura e estrutura, como mostrado na Tabela 04.

**Tabela 04** - Quantidade de peças do modelo Wikished.

Categoria	Estrutura	Fechamentos de parede	Fechamentos de piso	Fechamentos de cobertura	Conectores	TOTAL
Peças diferentes	20	17	4	2	2	45
Total de peças	282	44	9	9	63	407

Fonte: Elaborada pela autora.

A análise foi feita a partir da montagem de um módulo do Wikished na escala 1:7, utilizando chapas de MDF de 2,5mm.

O processo da prototipagem iniciou com a planificação de todas as peças no *Sketchup*. Após a planificação, o arquivo em *Sketchup* foi exportado para o CAD, de onde foi enviado para a máquina de corte a laser. As peças utilizadas na montagem podem ser vistas nas Figuras 48 e 49.

**Figura 48** – Peças do Wikished.



Fonte: Acervo da autora.

**Figura 49** – Peças do modelo Wikished.



Fonte: Acervo da autora.

O exemplar ainda não possui um manual de instruções de montagem, portanto a montagem foi feita acompanhando a maquete em *sketchup*. Primeiramente, foi montada uma face do pórtico (Figura 50). Cada pórtico é formado por uma dupla camada de peças, que são unidas por uma peça de travamento. Um problema observado é que as peças de travamento não encaixavam no espaço destinado a elas. Portanto, foi necessário colocá-

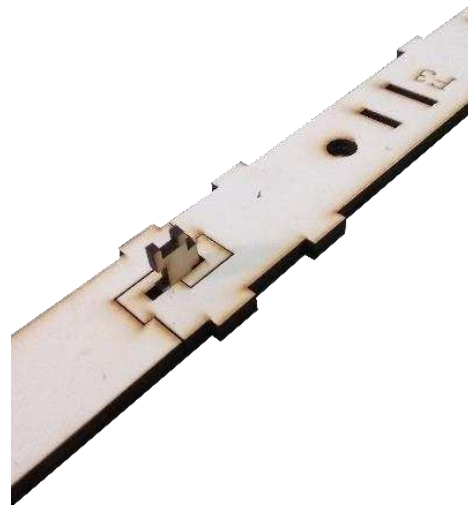
las viradas para conseguir encaixa-las no espaço e manter as peças do pórtico unidas (Figura 51).

**Figura 50** – Início da montagem do pórtico.



Fonte: Acervo da autora.

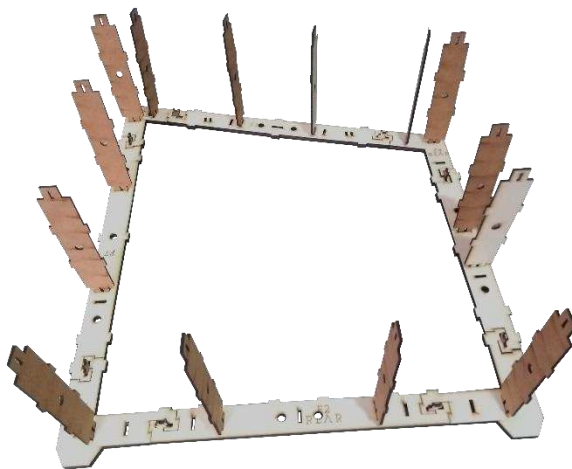
**Figura 51** – Peça de travamento.



Fonte: Acervo da autora.

Após a montagem do primeiro pórtico foram colocados os conectores (Figura 52) e depois encaixada o outro pórtico, formando assim a estrutura de um módulo (Figura 53). Em seguida, foi colocado no módulo os painéis de fechamento do piso, das paredes e cobertura (Figura 54).

**Figura 52** – Pórtico com conectores.



Fonte: Acervo da autora.

**Figura 53** – Estrutura do módulo da Wikished.



Fonte: Acervo da autora.

**Figura 54** – Módulo da Wikished



Fonte: Acervo da autora.

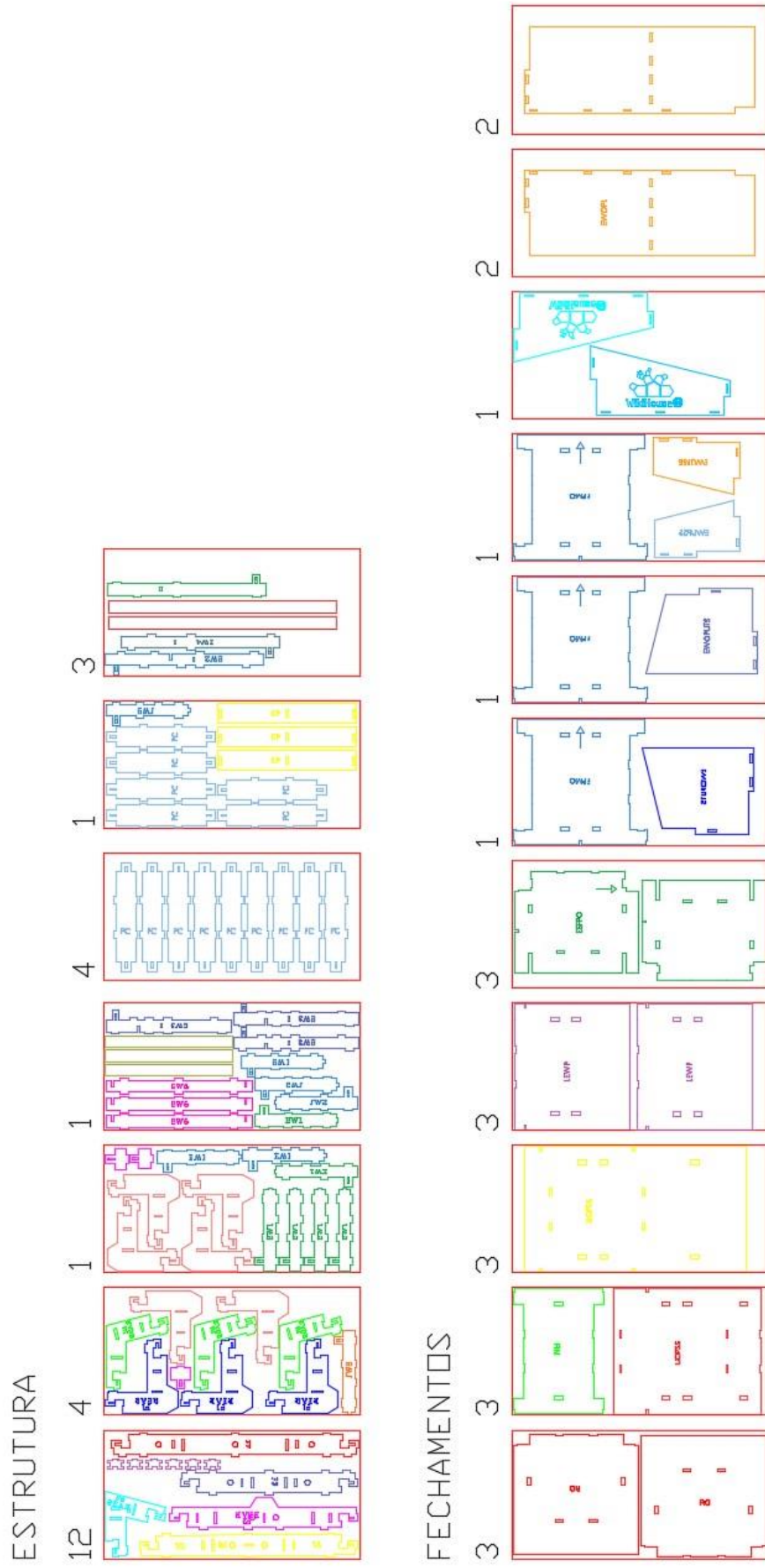
O tempo total de montagem foi de 3 horas e 50 minutos. Os encaixes entre as peças são fáceis, porém como a peça de travamento não encaixou corretamente, toda a estrutura ficou sem estabilidade. O modelo apresenta muitas peças diferentes, a identificação foi facilitada porque a maioria estava nomeada.

Como o exemplar ainda está em desenvolvimento, esses problemas que foram identificados na montagem também já haviam sido informados pelo desenvolvedor em seu site.

O ponto mais grave identificado na montagem é a mudança da peça travamento, que deve se ajustar ao tamanho do encaixe para a fixação das peças dos pórticos. Além disso, após a finalização do desenvolvimento do modelo, é importante ter um manual de instruções para a montagem.

O modelo na escala de 1/1 utiliza chapas de compensado com 18mm de espessura. O tempo estimado para o corte das peças é de 8 horas, 4 minutos e 14 segundos. Para construir uma unidade inteira seriam necessárias 49 chapas de compensado com tamanho de 1,22m x 2,44, como ilustrado na Figura 55. Em setembro de 2018 o valor médio de cada chapa de 18mm é R\$150,00, portanto o custo total de material por unidade é R\$ 7.350,00. Já o custo do metro quadrado da Wikished é R\$ 724,13.

**Figura 55** - Chapas de compensado com as peças do Wikished para corte.



Fonte: Elaborada pela autora.

#### 4.2.5 PPES Reading Hut

O PPES *Reading Hut* (PPES cabana de leitura) foi construído no workshop do evento *Taipei Digital Arts Festival* em 2015. O projeto foi desenvolvido pelo Instituto de Pós-Graduação em Arquitetura da Universidade Nacional *Chiao Tung* (NCTU) e pela Associação de Arquitetura Humanitária de Taiwan, utilizando o sistema de construção *open source* da *Wikihouse*.

A unidade final foi doada à Escola Primária Pei-Ping em Hsin-Bu Township, Condado de Hsin-Chu, e se tornou uma cabana de leitura para os alunos (Figura 56). A estrutura e os fechamentos foram feitos com peças cortadas em chapas de compensado de 18mm e o telhado feito com telha termoplástica transparente.

**Figura 56** - PPES *Reading Hut* na Escola Primária Pei-Ping em Hsin-Bu Township.



Fonte: medium.com.

Todos os arquivos referentes ao PPES são compartilhados através do Google Drive no site medium.com. A análise foi feita através dos arquivos em *Sketchup* e CAD. O exemplar possui 3,75m de largura por 4,32m de comprimento. A área total interna é de 12,28m<sup>2</sup> dividida em 4 módulos iguais de 3,07m<sup>2</sup>.

A contagem das peças foi feita no arquivo em CAD, que contém todas as peças para corte na fresadora CNC. Ao todo são 96 peças diferentes e 472 peças totais, divididas em estrutura, painéis, parede norte e parede sul (Tabela 05).

**Tabela 05** - Quantidade de peças do modelo PPES cabana.

<b>Categoria</b>	<b>Estrutura</b>	<b>Painéis</b>	<b>Parede norte</b>	<b>Parede sul</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Peças diferentes</b>	16	40	20	20	96
<b>Total de peças</b>	280	150	21	21	472

Fonte: Elaborada pela autora.

A prototipagem foi feita na escala 1/6, utilizando chapas de MDF de 3mm. As peças foram cortadas na cortadora a laser e podem ser vistas na Figura 57.

**Figura 57** – Peças do modelo PPES Cabana.



Fonte: Acervo da autora.

A montagem foi simples, pois além do manual com a sequência da montagem, também há arquivos em CAD e *Sketchup* com todas as etapas de construção. Primeiramente, todas as peças da face frontal do pórtico foram encaixadas e apoiadas sobre uma base. Em seguida foram conectadas as faces laterais do pórtico (Figura 58). Na sequência, foram colocadas as peças da face posterior, formando assim o primeiro pórtico (Figura 59).

**Figura 58** – Processo de montagem do pórtico.



Fonte: Acervo da autora.

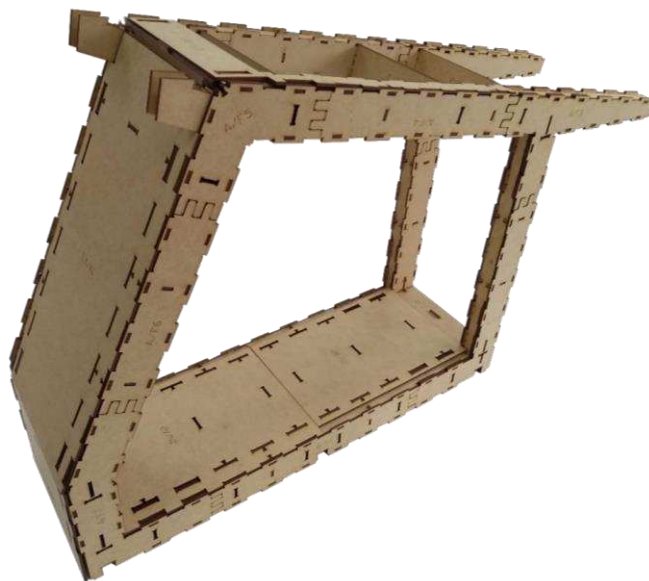
**Figura 59** – Pórtico do PPES Cabana.



Fonte: Acervo da autora.

O segundo pórtico foi montado seguindo os mesmos passos do primeiro. A conexão dos pórticos foi feita com peças da categoria de painéis e em seguida foram colocados os fechamentos do piso (Figura 60).

**Figura 60** – Protótipo PPES Cabana.



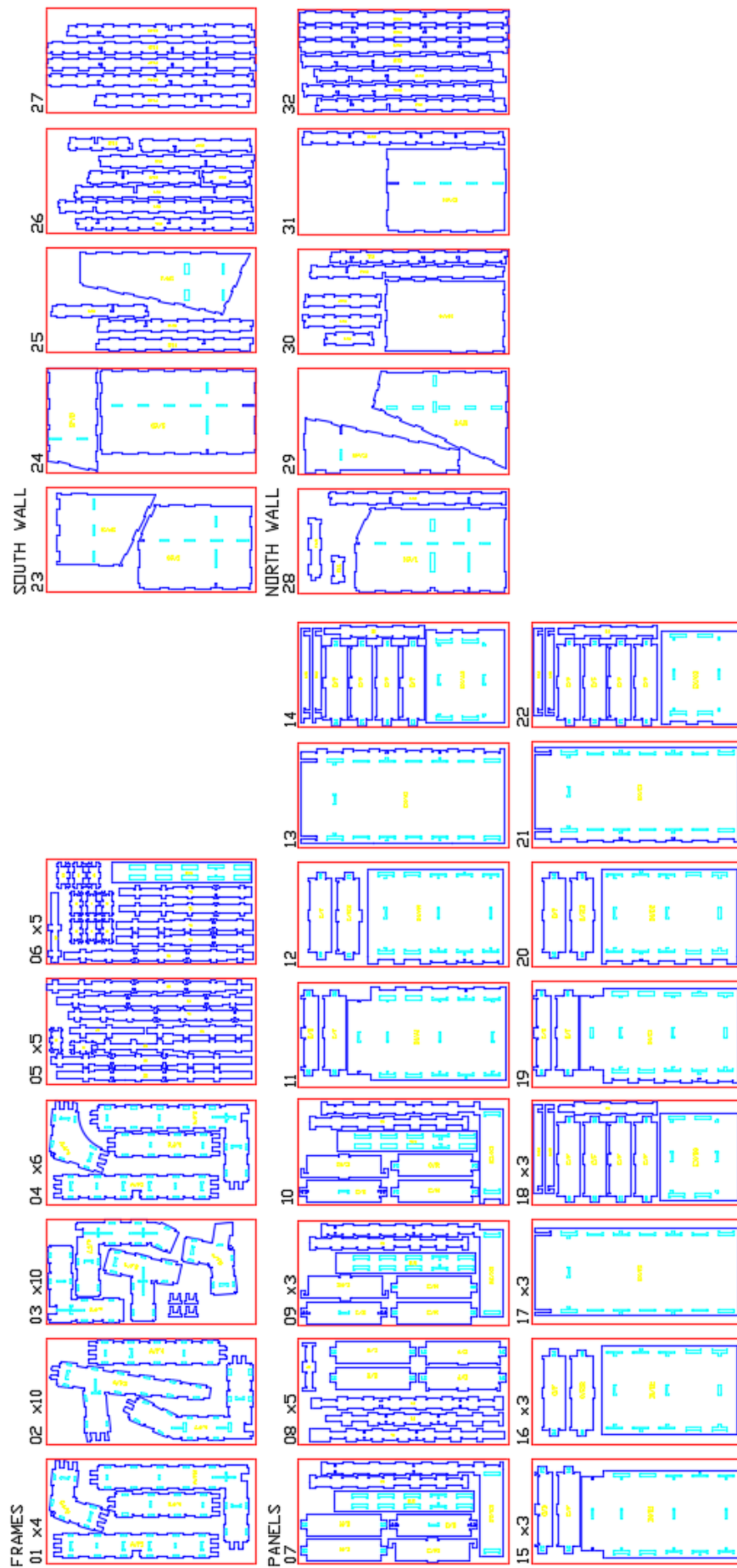
Fonte: Acervo da autora.

O tempo total de montagem foi de 4 horas e 10 minutos. O modelo possui um manual em PDF e outro em .dwg com a sequência da montagem. No entanto, o manual não possui a identificação das peças com os nomes, o que dificultou uma parte da montagem. O protótipo final apresentou estabilidade, sem a necessidade de reforçar as ligações com fita adesiva ou cola.

Um aspecto negativo do PPES cabana é a presença de um grande número de peças distintas, e algumas, apesar de diferentes, estão com o mesmo nome de identificação. Portanto, há a necessidade de renomear algumas peças.

O exemplar na escala de 1/1 utiliza chapas de compensado com 18mm de espessura. O tempo estimado para o corte de todas as peças é de 17 horas, 37 minutos e 56 segundos. Para construir o PPES cabana seriam necessárias 80 chapas de compensado com tamanho de 1,22m x 2,44 (Figura 61). O valor médio de cada chapa de compensado em setembro de 2018 é R\$150,00, portanto, o custo total de material por unidade do PPES cabana é R\$ 12.000,00. Já o valor do metro quadrado é de R\$ 977,19.

**Figura 61** - Chapas de compensado com as peças do modelo PPES cabana para corte.



Fonte: Elaborada pela autora.

### 4.3 Análises e discussões

Na Tabela 06 foi feita uma comparação em relação a área, número de peças diferentes, número de peças totais, tempo de corte e custo dos modelos estudados.

**Tabela 06** – Dados comparativos dos modelos analisados.

Modelo	Área (m <sup>2</sup> )	Peças diferentes	Peças totais	Tempo de corte por m <sup>2</sup>	Tempo de corte	Custo por m <sup>2</sup>	Custo total
<b>Microhouse</b>	37,43	124	1286	1h 15min 32s	47h 9min 4s	901,68	33.750,00
<b>Vermont Microhouse</b>	25,00	53	702	58min 9s	24h 37min 18s	828,00	20.700,00
<b>SCS Wikihouse</b>	9,60	41	376	38min 36s	6h 10min 36s	500,00	4.800,00
<b>Wikished</b>	10,15	45	407	47min 11s	8h 4min 14s	724,13	7.350,00
<b>PPES Reading Hut</b>	12,28	96	472	1h 25min 48s	17h 37min 56s	977,19	12.000,00

Fonte: Elaborado pela autora.

Pela análise comparativa da Tabela 06, percebe-se que a área e o número de peças estão diretamente relacionados com o tempo de corte e o custo, ou seja, quanto maior a área maior será o número de peças e, conseqüentemente, será maior o tempo de corte e o custo. Dentre os modelos analisados, a *Microhouse* apresenta maior área (37,43m<sup>2</sup>), conseqüentemente, o tempo de corte e o custo são maiores. Já o modelo *SCS Wikihouse* possui menor área (9,60m<sup>2</sup>) e conseqüentemente menor custo e tempo de corte.

Como há uma grande variação em relação a área e ao número de peças entre os modelos, foi feita uma comparação padrão, relacionando o tempo de corte e o custo de um metro quadrado de cada modelo. Por essa comparação, percebe-se que o modelo *PPES Reading Hut*, apesar de possuir menos peças e ser menor do que a *Microhouse*, apresenta maior tempo de corte e maior custo por m<sup>2</sup>. Já o modelo *SCS Wikihouse* continua apresentando menor custo e tempo de corte (lembrando que esse modelo não apresenta os painéis de

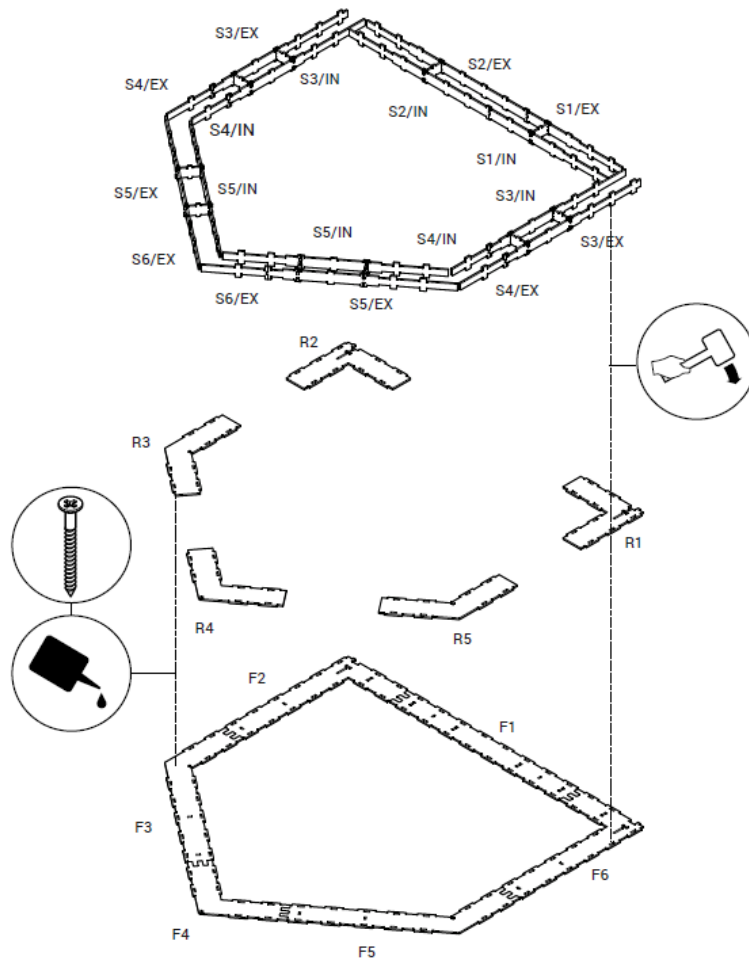
fechamento das paredes e da cobertura, o que influencia na redução do tempo de produção e no custo).

Dentre os casos acima, estima-se a fabricação de 1 abrigo por dia ou a cada 2 dias, de acordo com a variação do modelo. Os exemplares analisados não foram projetados com a finalidade de serem abrigos emergenciais, mas observou-se que alguns modelos podem ser adaptados para essa finalidade.

No momento pós-desastre, os abrigos devem ser oferecidos de maneira rápida, prática e barata. Além disso, devem ser modulares, de forma a se adequar ao tamanho das famílias de vítimas. Todos os exemplares estudados são modulares, pavilhonares, podendo aumentar ou diminuir o tamanho conforme a necessidade, permitindo a reutilização para outras famílias e aumentando a vida útil dos abrigos.

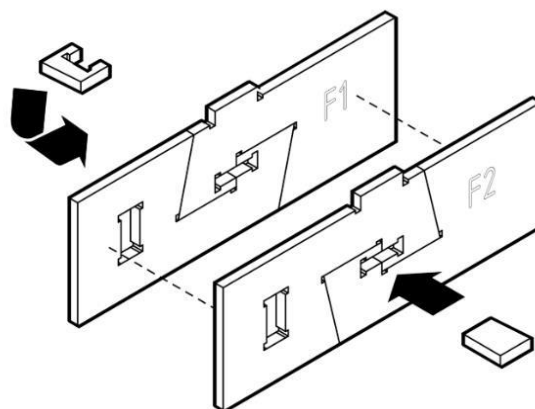
Os modelos apresentam dois sistemas de encaixes distintos. O primeiro está presente em três casos (Microhouse, SCS *Wikihouse* e PPES cabana), e constitui o sistema original da *Wikihouse*, denominado de *Wren* (Figura 62). Este foi o primeiro sistema estrutural da *Wikihouse*, desenvolvida no Reino Unido, para contextos e clima europeus e suporta construções de até três andares. O segundo sistema de encaixe é o *S-Joint* (junta S), presente nos modelos *Wikished* e *Vermont Microhouse* (Figura 63).

**Figura 62** – Sistema estrutura *Wren*.



Fonte: Guia de montagem Microhouse, Wikihouse.

**Figura 63** – Sistema estrutural *S-Joint*.



Fonte: Mendonça; Passaro; Henriques, 2018.

As duas tipologias de sistemas de encaixes apresentam pontos positivos e negativos. O sistema *Wren*, original da *Wikihouse* “embora apresente um grande potencial, ainda está limitado a formas pré-estabelecidas”. (MENDONÇA; PASSARO; HENRIQUES, 2018).

Ou seja, os modelos que utilizam esse sistema possuem menos possibilidades formais, devem sempre seguir formas retas. Por outro lado, são mais resistentes, pois a estrutura é mais robusta e composta por mais peças. Pelos estudos práticos, percebeu-se que os modelos que utilizam esse sistema de encaixe são mais estáveis e suportam mais peso. Quando a finalidade da construção for de casa permanente, com durabilidade de longo prazo, em que será feito um investimento maior, como é o caso da *Wikihouse*, esse sistema estrutural é mais eficiente.

O sistema de encaixe *S-Joint* é mais simples, sua estrutura é menos robusta e constituída por menos peças. Por ser mais simples, esse sistema permite a parametrização e adaptação para a construção de geometrias curvas, como foi feito no trabalho de Mendonça, Passaro e Henriques, apresentado no Sigradi 2018 (Figura 64).

**Figura 64** - Protótipo fabricado em compensado rígido 18mm e compensado flexível 6mm.



Fonte: Mendonça; Passaro; Henriques, 2018.

Por meio da montagem dos protótipos nos estudos práticos, foi observada uma facilidade maior em montar os modelos que utilizam o sistema *S-Joint*. Por apresentar menos peças, o tempo de montagem dos modelos que utilizam esse sistema foi menor. Os modelos Vermont Microhouse e Wikished utilizaram esse sistema estrutural.

De todos os modelos analisados, o modelo Wikished foi o menos estável. Apesar de todas as vantagens desse sistema estrutural, algumas mudanças em relação às peças de travamento devem ser feitas para que a estrutura tenha mais estabilidade.

Devido ao tempo de produção e o custo, que devem ser reduzidos e a durabilidade que é de curto a médio prazo, para a construção dos abrigos emergenciais esse sistema seria o mais indicado.

#### **4.4 Diretrizes para a construção de abrigos emergenciais**

A partir das pesquisas realizadas e dos modelos montados, foram elaboradas diretrizes para a construção de abrigos emergenciais, associando as condicionantes climáticas do Brasil, com as orientações apresentadas no *Handbook Sphere* e as técnicas para a fabricação digital. Abaixo foram listadas sugestões relacionadas a área, materiais indicados para a estrutura, os materiais de revestimentos de piso, parede e cobertura e qual o melhor sistema de encaixe das peças.

- **ÁREA**

A área do abrigo deve ser proporcional ao tamanho da família. Precisam de espaço para a realização das atividades domésticas básicas, portanto, deve-se pensar em módulos com área de 3,5m<sup>2</sup>, que é o tamanho mínimo por pessoa. Para a área social, destinada a preparação de alimentos e refeições, são necessários 2 módulos, podendo ser divididos em área externa coberta e área interna. Já as áreas íntimas, destinadas ao descanso, são necessários um módulo por pessoa.

- **MATERIAIS PARA ESTRUTURA**

O material mais utilizado para a fabricação digital é a chapa de compensado de 18mm de espessura. Esse material é o mais viável para a construção dos abrigos, pois além de ser resistente, é fácil de cortar, leve e facilmente encontrado em todas as regiões do Brasil, apresentando o melhor custo/benefício.

- **MATERIAIS PARA REVESTIMENTO DO PISO**

O revestimento do piso pode ser o próprio compensado. Agilizando o processo de Construção e diminuindo os custos.

- **MATERIAIS PARA REVESTIMENTO DAS PAREDES**

O revestimento externo das paredes de chapa de compensado deve ser isolante, evitando a infiltração de água. As lonas são uma opção rápida e barata, para evitar o contato do compensado com a umidade.

- **MATERIAIS PARA REVESTIMENTO DA COBERTURA**

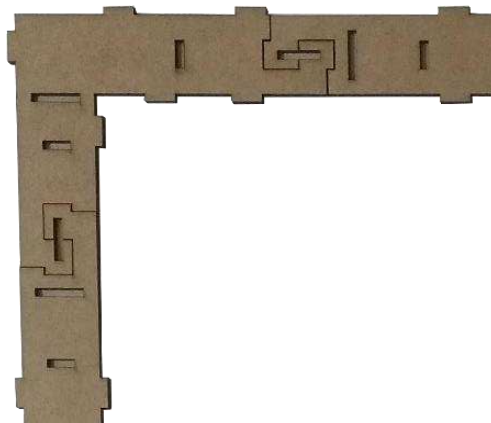
A lona também deve ser usada na cobertura. Além de evitar o contato com a umidade, a padronização dos materiais auxilia na redução das despesas da obra, tornando-a mais

barata. Há também a opção de telhas metálicas, em caso de abrigos com necessidade de maior durabilidade.

- SISTEMA DE ENCAIXE DA ESTRUTURA

O sistema de encaixe mais prático, rápido e viável para os abrigos emergenciais é o S-Joint (Figura 65). Esse sistema permite a parametrização e variações formais. As peças devem ter dimensões máximas de 1,20m x 2,40m, de modo que caibam na chapa de compensado.

**Figura 65** – Sistema de encaixe S-Joint

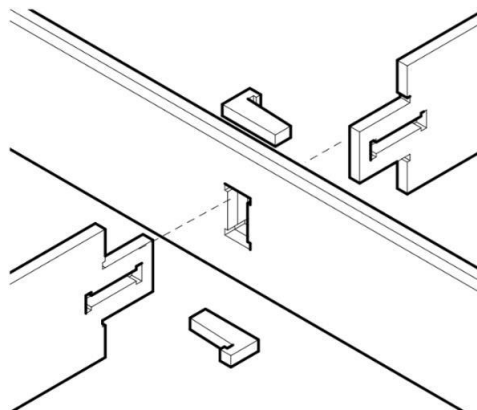


Fonte: Acervo da autora.

- PEÇAS DE TRAVAMENTO

As peças de travamento são um dos componentes mais importantes da estrutura, são elas que proporcionam estabilidade ao conjunto final. Devem travar as peças nos dois sentidos (Figura 66).

**Figura 66** – Sistema de travamento.



Fonte: Mendonça; Passaro; Henriques, 2018.

- SISTEMA DE ENCAIXE DOS PAINÉIS DE FECHAMENTO

Os painéis de fechamento devem ser encaixados na estrutura (Figura 67). As dimensões dos painéis devem ser o mais próximo do tamanho da chapa de compensado (1,20m x 2,40m), visando o maior aproveitamento do material.

**Figura 67** – Painéis de fechamento encaixados na estrutura.



Fonte: Acervo da autora.

#### **4.5 Desenvolvimento de um modelo de abrigo emergencial**

A partir das conclusões dos estudos práticos e das diretrizes, foi desenvolvido um modelo de abrigo emergencial utilizando a fabricação digital.

O modelo Vermont Microhouse foi um dos mais práticos na montagem e possui o sistema de encaixe S-Joint, que é o mais viável para a construção de abrigos emergenciais. Portanto, o abrigo emergencial foi desenvolvido com base em melhorias do modelo Vermont Microhouse.

As adaptações foram feitas em um módulo, que pode ser colocado um ao lado do outro quantas vezes for necessário para atender ao tamanho da família abrigada.

O módulo possui externamente 3,29m de largura e 1,10m de profundidade. Internamente, o módulo tem 3,00m de largura e 1.10m de profundidade (Figuras 68 e 69). Portanto a área interna do módulo é de 3,30m<sup>2</sup>.

As alterações realizadas no modelo foram:

- 1- Padronização das peças do piso – No módulo do Vermont Microhouse havia 3 peças diferentes no piso. Com as mudanças, o piso do novo modelo ficou com apenas uma peça padrão.

- 2- Mudança do ângulo da parede para 90° - O modelo original apresentava uma parede inclinada. A fim de simplificar o módulo e a montagem, a parede ficou perpendicular ao piso.
- 3- Redução da altura da janela – A janela do modelo base tinha peitoril de 25cm. Nas alterações, o novo modelo passa a ter o peitoril de 89,5cm, o que flexibiliza o layout do abrigo, permitindo que móveis baixos possam ser colocados na parede da janela, sem prejudicar a entrada de luz e ventilação.
- 4- Mudança de algumas peças da estrutura da janela – No modelo original, haviam muitas peças diferentes na estrutura da janela. Foram feitas modificações para que a própria estrutura do módulo formasse a janela.
- 5- Padronização da peça de fechamento da parede interna e externa da janela – A parede da janela, que antes possuía sete peças diferentes, agora possui apenas duas peças diferentes.
- 6- Redução de 20cm do pé direito – A fim de diminuir a quantidade de material, foi reduzido 20cm no pé direito. Mesmo com essa redução, o novo modelo tem pé direito no ponto mais alto de 2,89m e no ponto mais baixo 2,22m.
- 7- Retirada dos painéis de fechamento da parede e cobertura internos – A fim de reduzir a quantidade material, foram retirados os painéis de fechamento internos de uma parede e da cobertura. A estrutura aparente na parede funciona como prateleiras para os moradores guardarem seus objetos.
- 8- Modificação das peças da base – Foi acrescentado um “pé” nas peças da base do módulo, a fim de evitar o contato direto da estrutura com o solo.
- 9- Inclusão das peças de travamento – O modelo original não possuía peças de travamento, o que dificultava na hora da montagem. Foram acrescentadas peças de travamento em todas as junções de peças, deixando o modelo mais estável.
- 10- Identificação das peças – As peças foram identificadas com nomes, com o objetivo de otimizar a montagem. As peças dos pórticos foram identificadas com números de 1 a 6. Já os painéis de fechamentos foram identificadas com os seguintes códigos:

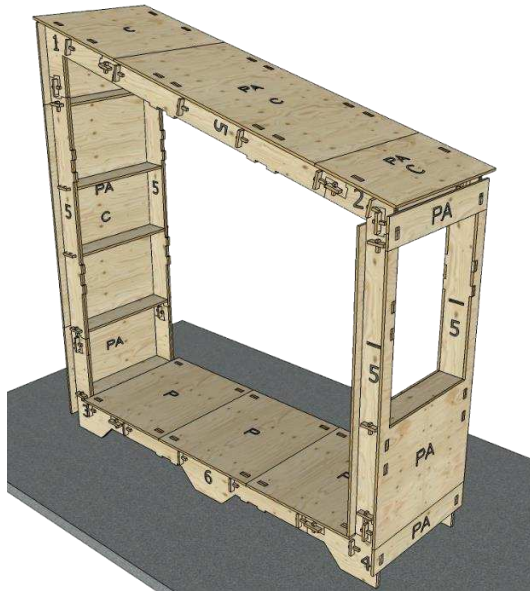
P = Piso

PA = Parede

PA – C = Parede e cobertura

C = Cobertura

**Figura 68** – Perspectiva 1 do módulo.



Fonte: Elaborado pela autora.

**Figura 69** – Perspectiva 2 do módulo.



Fonte: Elaborado pela autora.

Um dos resultados positivos do novo modelo foi a redução para apenas 16 diferentes tipos de peças. As peças podem ser separadas em categorias: estrutura, peças de travamento, fechamentos de parede, fechamentos de piso, fechamentos de cobertura e conectores. As informações de quantidade de peças de cada categoria estão apresentadas na Tabela 07.

**Tabela 07** – Quantidade de peças do modelo desenvolvido pela autora.

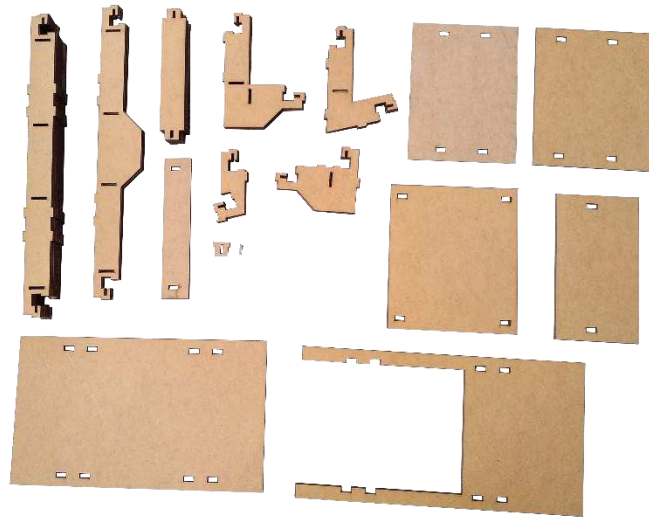
Categoria	Estrutura	Peças de travamento	Fechamentos de parede	Fechamentos de piso	Fechamentos de cobertura	Conectores	TOTAL
Peças diferentes	6	2	5	1	3	1	16
Total de peças	32	42	7	3	3	20	107

Fonte: Elaborado pela autora.

O estudo prático da viabilidade do modelo foi feito a partir da prototipagem do módulo desenvolvido na escala 1/6, utilizando chapas de MDF de 3mm. As alterações do modelo original foram feitas no *Sketchup*, portanto, o processo de construção iniciou com a planificação de todas as peças no *Sketchup*. Após a planificação, o arquivo em *Sketchup* foi exportado para o CAD, onde as peças foram dispostas nas placas e enviadas para o

corte na máquina a laser. As peças utilizadas na montagem podem ser vistas na Figura 70.

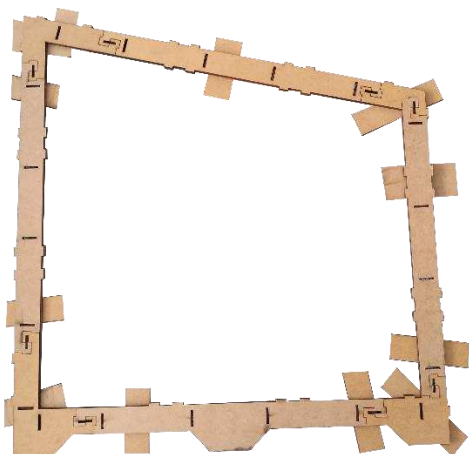
**Figura 70** - Peças do módulo adaptado pela autora.



Fonte: Acervo da autora.

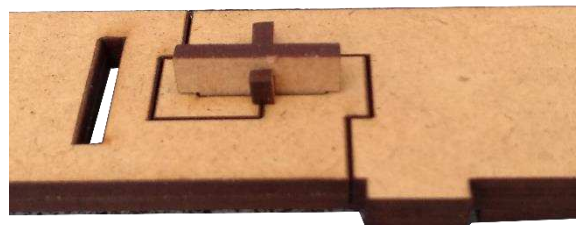
O processo de montagem foi mais fácil do que o modelo Vermont Microhouse, pois o problema ocorrido na hora da montagem devido à falta das peças de travamento entre as conexões foi resolvido. A montagem iniciou com a disposição das peças dos pórticos em uma superfície plana. Foram colocados pequenos calços para que as peças não ficassem encostadas na superfície, permitindo assim a inserção das peças de travamento (Figura 71 e Figura 72). Após colocar os travamentos, o primeiro pórtico ficou pronto. O segundo pórtico foi montado da mesma forma.

**Figura 71** - Peças do pórtico sobre os calços.



Fonte: Acervo da autora.

**Figura 72** - Peças de travamento.



Fonte: Acervo da autora.

Foram inseridas as peças de conexão em um pórtico e fixadas com as peças de travamento. Em seguida foi encaixado e fixado o outro pórtico, formando a estrutura do módulo (Figura 73). Por fim, foram colocados os painéis de fechamentos do piso, das paredes e cobertura (Figura 74).

**Figura 73** - Estrutura do módulo.



Fonte: Acervo da autora.

**Figura 74** - Módulo do abrigo emergencial.



Fonte: Acervo da autora.

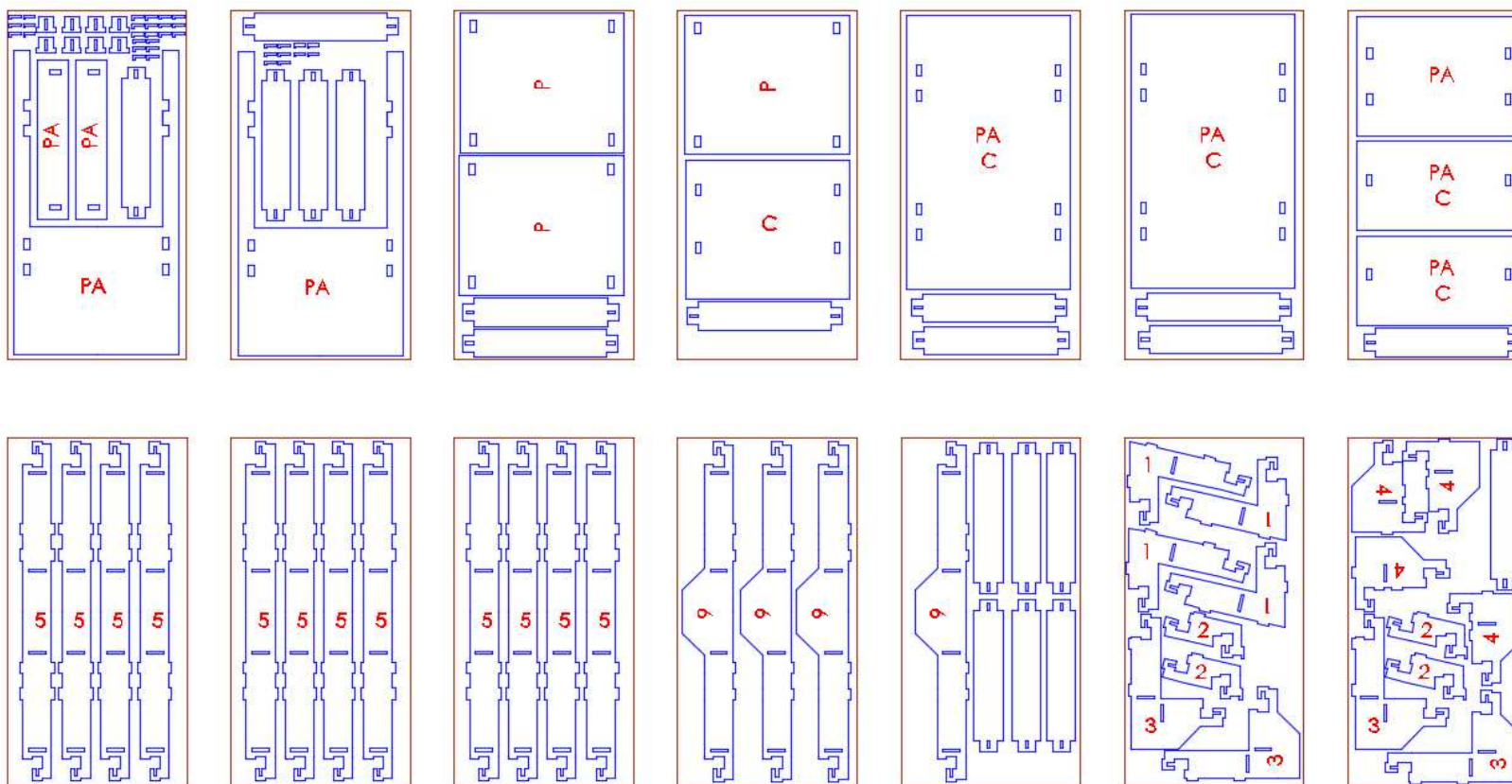
O tempo de montagem do módulo do abrigo foi de 1 hora e 10 minutos. O exemplar apresenta muitas peças iguais, o que facilita na hora da montagem. Os encaixes foram fáceis e ficaram firmes, devido às peças de travamento. Não foi necessário colar com fita

adesiva ou cola nenhuma conexão de peças, apesar dos painéis de fechamento, que não ficaram tão firmes na estrutura.

A fim de facilitar a montagem do abrigo, foi desenvolvido um manual prático de montagem, com imagens e linguagem simples, permitindo que qualquer pessoa possa entender e montar seu abrigo (Anexo 1).

O modelo na escala de 1:1 utiliza chapas de compensado com 18mm de espessura. O tempo estimado para o corte de todas as peças é de 2 horas, 33 minutos e 49 segundos.

Figura 75 - Chapas de compensado com as peças de um módulo do abrigo emergencial.



Fonte: Elaborada pela autora.

Para construir o módulo inteiro seriam necessárias 14 chapas de compensado com tamanho de 1,22m x 2,44, como ilustrado na Figura 84. Em setembro de 2018 o valor médio de cada chapa é R\$150,00, portanto o custo total de material por módulo do abrigo emergencial é R\$2.100,00. Já o custo do metro quadrado do modelo é de R\$ 636,36.

## CAPÍTULO 5 – ANÁLISES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A padronização e a redução da variabilidade do número de peças foram um dos principais avanços do modelo proposto, em relação aos estudos de caso. A Tabela 08 apresenta uma comparação entre o modelo original Vermont Microhouse e o modelo do abrigo adaptado, no que se refere ao quantitativo de peças.

**Tabela 08** - Dados comparativos entre as peças do modelo adaptado pela autora e o modelo Vermont.

PEÇAS DE UM MÓDULO DO MODELO ADAPTADO PELA AUTORA							
Categoria	Estrutura	Peças de travamento	Fechamentos de parede	Fechamentos de piso	Fechamentos de cobertura	Conectores	TOTAL
Peças diferentes	6	2	5	1	3	1	16
Total de peças	32	42	7	3	3	20	107
PEÇAS DE UM MÓDULO DO VERMONT MICROHOUSE							
Peças diferentes	5	0	10	3	4	1	23
Total de peças	32	0	15	6	6	18	77

Fonte: Elaborado pela autora.

Pelos dados da Tabela 08, observa-se uma redução de sete tipos de peças diferentes. No modelo original há 23 peças diferentes em um módulo, já no módulo adaptado, há apenas 16 peças diferentes. Um dado que chama a atenção é o número total de peças. O modelo original possui 77 peças total, já o modelo adaptado apresenta 107 peças. Essa diferença é por conta das peças de travamento, que não existem no Vermont Microhouse. Apesar desse aumento no número total de peças, as peças extras de travamentos auxiliaram na estabilização da estrutura.

Os dados comparativos em relação a área, tempo de corte e custo são apresentados na Tabela 09.

**Tabela 09** - Dados comparativos entre o módulo adaptado pela autora e o módulo do modelo Vermont

<b>Modelo</b>	<b>Área interna</b>	<b>Tempo de corte por m<sup>2</sup></b>	<b>Tempo de corte por módulo</b>	<b>Custo por m<sup>2</sup></b>	<b>Custo total</b>
<b>Modelo adaptado</b>	3,30 m <sup>2</sup>	46min 36s	2h 33min 49s	636,36	2.100,00
<b>Vermont Microhouse</b>	3,17 m <sup>2</sup>	58min 9s	3h 4min 19s	828,00	2.624,76

Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação a área interna do módulo, optou-se pela retirada do painel de fechamento da parede interna, com o objetivo de aumentar espaço interno e acrescentar espaço adicional para armazenamento de objetos pessoais. A retirada dos painéis de fechamento internos também influenciou o tempo de corte e no custo.

O tempo de corte do módulo completo do modelo adaptado foi de 2 horas 33 minutos e 49 segundos. Portanto, o tempo de corte do metro quadrado é de 46 minutos e 36 segundos. Já o tempo de corte do módulo do Vermont é de 3 horas 4 minutos e 19 segundos, e o tempo de corte do metro quadrado é de 58 minutos e 9 segundos. Ou seja, com as adaptações realizadas, o novo exemplar tem uma economia de 30 minutos e 30 segundos no corte de cada módulo.

Já em relação ao custo, houve uma redução de R\$ 191,64 por m<sup>2</sup>. O custo total de um módulo completo do modelo Vermont custa R\$ 2.624,76, já o custo total do módulo adaptado é de R\$ 2.100,00, ou seja, houve uma redução de R\$ 524,76 por módulo do abrigo.

Em relação aos outros exemplares analisados nos estudos práticos, o módulo adaptado é o que apresenta menos variedade de peças. Em relação ao custo por m<sup>2</sup> e tempo de corte, ficou atrás apenas do modelo SCS Wikihouse. Levando em conta que o SCS Wikihouse não possui as peças de fechamento das paredes e cobertura, podemos considerar que o modelo adaptado é o que apresenta menor custo por m<sup>2</sup> e tempo de corte, dentre os que possuem todos os elementos do módulo (Tabela 10).

**Tabela 10** - Dados comparativos entre o módulo adaptado pela autora e os exemplares dos estudos práticos

Modelo	Área (m <sup>2</sup> )	Peças diferentes	Peças totais	Tempo de corte por m <sup>2</sup>	Tempo de corte	Custo por m <sup>2</sup>	Custo total
<b>Microhouse</b>	37,43	124	1286	1h 15min 32s	47h 9min 4s	901,68	33.750,00
<b>Vermont Microhouse</b>	25,00	53	702	58min 9s	24h 37min 18s	828,00	20.700,00
<b>SCS Wikihouse</b>	9,60	41	376	38min 36s	6h 10min 36s	500,00	4.800,00
<b>Wikished</b>	10,15	45	407	47min 11s	8h 4min 14s	724,13	7.350,00
<b>PPES Reading Hut</b>	12,28	96	472	1h 25min 48s	17h 37min 56s	977,19	12.000,00
<b>Módulo adaptado</b>	3,3 m <sup>2</sup>	16	107	46min 36s	2h 33min 49s	636,36	2.100,00

Fonte: Elaborado pela autora.

Com as adaptações realizadas, o novo modelo passa a ser mais viável para ser utilizado como abrigo emergencial. Características importantes que devem ser levadas em consideração desde a etapa de projeto foram colocadas em prática. A flexibilidade e adaptação estão presentes através dos módulos, que permitem a variação da área de acordo com a necessidade da família.

Em relação aos materiais e custo, que devem ser disponíveis na região e de baixo custo, o compensado é um material fácil de encontrar em todo o Brasil e que possui um valor acessível. Mas deve-se tomar alguns cuidados no armazenamento do compensado. O material não deve ficar em contato com a umidade, pois pode apodrecer e mofar. O contato direto com o sol também deve ser evitado, pois pode ressecar e perder a durabilidade. O ideal é comprar o material apenas quando for utiliza-lo, a fim de adquirir as peças bem conservadas.

Outra propriedade importante dos abrigos é o tempo de produção. Uma das principais vantagens observadas da utilização da fabricação digital na produção dos abrigos

emergenciais foi a redução do tempo de produção. O tempo de produção de um abrigo de quatro módulos (13,2m<sup>2</sup>), utilizando o modelo desenvolvido nessa pesquisa, seria de aproximadamente 10 horas e 15 minutos, ou seja, utilizando apenas uma fresadora CNC é possível fabricar dois abrigos de quatro módulos por dia. O exemplar também permite o reaproveitamento para outras situações de emergência, já que é desmontável.

O modelo de abrigo emergencial dessa pesquisa, feito a partir da fabricação digital, foi pensado para ser implantado em pavilhões cobertos. Devido à condição climática de grande parte do Brasil, que é úmida, os exemplares devem ficar em locais protegidos da umidade e insolação direta, a fim de garantir sua durabilidade. Os abrigos não apresentam instalações sanitárias e hidráulicas, pois essas instalações aumentariam o custo e tempo de produção. Portanto, os pavilhões onde serão implantados, devem contar com banheiros e cozinhas coletivas.

A partir das pesquisas e análises realizadas ao longo desse trabalho, concluímos que é sim possível construir abrigos emergências através da fabricação digital, levando em consideração alguns cuidados no armazenamento e conservação. Para chegarmos a um modelo ideal, ainda devem ser feitas algumas melhorias no módulo adaptado, como a melhor fixação dos painéis de fechamento na estrutura e o tratamento do material, para que possa ser implantado em locais abertos. Mas esse já foi um grande passo para ser uma das possíveis soluções para o problema de fornecimento de abrigos emergenciais às vítimas de desastres ambientais.

## REFERÊNCIAS

AFIFY, Hazem M. Nour; ELMOGHAZY, Zeinab A. **Advanced Digital Manufacturing Techniques (Cam) in Architecture Authors**. The Third International Conference of the Arab Society for Computer Aided Architectural Design (ASCAAD 2007), 28-30 November 2007, Alexandria, Egypt.

ANDERS, Gustavo Caminati. **Abrigos temporários de caráter emergencial**. 2007. 119 f. Tese (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2007.

BATISTELLO, Paula; BALZAN, Katiane; PIAIA, Luana; MIOTTO, Juliano. **Prototipagem rápida e fabricação digital em ateliê vertical: do processo à materialização**. XIX Congresso da Sociedade Ibero-americana de Gráfica Digital 2015, Blucher Design Proceedings, Volume 2, 2015, p. 137-142.

BRUSCATO, U. M. et al. Uso da Fabricação Digital e Prototipagem no Desenvolvimento do Projeto de Produto: Análises do Produto através de Simulações Digitais. *SIGraDi* 2013, Valparaíso, p. 459-463, 22 nov. 2013.

BUECHLEY, Leah; ROSNER, Daniela; PAULOS, Eric; WILLIAMS, Amanda. **Diy for chi: methods, communities, and values of reuse and customization**. New York, NY, USA: ACM, 2009. p. 4823-4826. Disponível em: <[http://wyldco.com/pub/DIYforCHI\\_extended\\_abstract.pdf](http://wyldco.com/pub/DIYforCHI_extended_abstract.pdf)>. Acesso em: 09 jun. 2017.

BUSWELL, R.; SOAR R.; GIBB, A.; THORPE, A. **Freeform Construction: Mega-scale Rapid Manufacturing for construction**. In: *Automation in Construction* 16, 2007, p.224-231.

CAETANO, Daniel Amaro. **Solução de habitação evolutiva/adaptável Proposta de sistema modular flexível**. 2013. 101 f. Tese (Mestrado em Arquitetura) - Universidade da beira interior, Covilhã, Portugal, 2013.

CELANI, Maria Gabriela C.; PUPO, Regiane. Prototipagem rápida e fabricação digital na Arquitetura: fundamentação e formação. *Oficina de Textos*, ed. 1, novembro 2011, p. 471-485.

CELANI, Maria Gabriela C.; PUPO, Regiane. Prototipagem rápida e fabricação digital para arquitetura e construção: Definições e estado da arte no Brasil. *Cadernos de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo*. v.8, n.1, 2008, p. 31-41.

CHASZAR, A (ED). **Blurring the Lines**. Grã Bretanha: Wiley-Academy, 2006. Centre For Research On The Epidemiology Of Disasters. 2016 preliminary data: Human impact of natural disasters 2016. Dezembro 2016. Disponível em: < <http://www.cred.be/publications>>. Acesso em 19 de abr. 2017.

DAHER, E.; KUBICKI, S.; HALIN, G. **A Parametric Process for Shelters and Refugees' Camps Design**. Proceedings of the 33rd eCAADe Conference, Viena, v. 2, 2015, p. 541-548.

ERLHOFF, Michael; MARSHAL, Tim (Ed.). **Design Dictionary: Perspectives on Design Terminology**. Berlin: Birkhäuser Verlag, 2008.

EYCHENNE, Fabien; NEVES, Heloisa. **FAB LAB: A vanguarda da nova revolução industrial**. São Paulo: Fab Lab Brasil, 2013.

FAB CHARTER. Regras de Funcionamento do FABLAB. 2011. Disponível em: < <http://www.FabLabedp.edp.pt/pt/node/3>>. Acesso em 21 jun. 2017.

FRADE, Rita Carvalho Afonso Calais. **Arquitetura de Emergência: Projetar para zonas de catástrofe**. 2012. 137 p. Tese (Mestrado em Arquitetura) - Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, 2012.

FERES, Giovana Savietto. **Habitação emergencial e temporária, estudo de determinantes para o projeto de abrigos**. 2014. 194 f. Tese (Mestrado em Arquitetura, tecnologia e Cidade) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, SP, 2014.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Centro de Estatística e Informações Déficit habitacional no Brasil 2013-2014 / Fundação João Pinheiro. Centro de Estatística e Informações – Belo Horizonte, 2016. 92 p. Disponível em: <<http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/docman/cei/informativos-cei-eventuais/634-deficit-habitacional-06-09-2016/file>>. Acesso em 19 de abr. 2017.

GERSHENFELD, Neil. **How to Make Almost Anything: The Digital Fabrication Revolution**. Foreign Affairs. v.91, n.6, november/december 2012.

GIBSON, Ian; ROSEN, David; STUCKER, Brent. **Additive Manufacturing Technologies**. Springer, NYC, 2014.

GOMES, Marina. Fab labs crescem no Brasil – e prometem ser valiosa ferramenta de inovação. **Revista Eletrônica Inovação**. Campinas, SP, jan. 2016. Disponível em: <<http://www.inovacao.unicamp.br/?s=fab+lab>>. Acesso em 21 jun. 2017.

GONCHAR, Joann. Beyond the Prototype. **Architectural Record**. May2016, Vol. 204 Issue 5, p192-198.

International Federation Of Red Cross And Red Crescent Societies. **Shelter Projects 2009**. 2010. Disponível em: <<https://unhabitat.org/books/shelter-projects-2009-2/>>. Acesso em 25 maio 2017.

International Federation Of Red Cross And Red Crescent Societies. **World Disasters Report 2010 – Focus on urban risk**. 2010. Disponível em: <<http://www.ifrc.org/Global/Publications/disasters/WDR/wdr2010/WDR2010-English-1.pdf>>. Acesso em 21 de abr. 2017.

International Federation Of Red Cross And Red Crescent Societies. **Shelter after disaster**. 2015. Disponível em: <[http://www.ifrc.org/Global/Documents/Secretariat/201506/Shelter\\_After\\_Disaster\\_2nd\\_Edition.pdf](http://www.ifrc.org/Global/Documents/Secretariat/201506/Shelter_After_Disaster_2nd_Edition.pdf)>. Acesso em 10 de abr. 2017.

International Federation Of Red Cross And Red Crescent Societies. **Transition shelters: Eight designs**. Geneva, 2011. Disponível em: <<http://www.ifrc.org/PageFiles/95186/900300-Transitional%20Shelters-Eight%20designs-EN-LR.pdf>>. Acesso em 26 maio 2017.

JUCÁ, Diego de Lima Oliveira. O uso da Prototipagem e Fabricação Digital no ambiente Fab Lab. Dissertação (Mestrado em Design) – Programa de Pós-Graduação em Design, Faculdade de Engenharia . Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

MARINHO, Andrea Cito. **Abrigo desmontável para emergências ambientais e desenvolvimento de painel sanduíche utilizando bambu**. 2013. 184 f. Tese (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2013.

MENDONÇA, Heloísa. Um ano do desastre de Mariana: o que foi e o que não foi feito para reparar os danos. **Jornal El País**. São Paulo, s/p, 7 nov. 2016. Disponível em:

<[http://brasil.elpais.com/brasil/2016/11/04/politica/1478293515\\_402075.html](http://brasil.elpais.com/brasil/2016/11/04/politica/1478293515_402075.html)>. Acesso em 10 de abr. 2017.

MIYASAKA, Elza; FABRICIO, Márcio. **Digital Fabrication in Brazil: Academic Production in the last decade**. 16th International Conference CAAD Futures 2015. São Paulo, July 8-10, 2015.

MIOTTO, Juliano. **Fabricação digital na arquitetura efêmera, de estandes em feiras comerciais, aplicada em visual merchandising**. 133 f. Tese (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2016.

MITCHELL, W. J. e McCullough M. **Digital Design Media**. N. York: Van Nostrand Reinhold, 1995.

NABONI, Roberto; PAOLETTI, Ingrid. **Advanced Customization in Architectural Design and Construction**. Department of Architecture, Built Environment and Construction Engineering. Milan, Italy, 2015.

PASSARO, Andrés; ROHDE, Clarice; "Casa Revista: arquitetura de fonte aberta", p. 70-76. In.: São Paulo: Blucher, 2015.

POTTMANN, H. et al. **Architectural Geometry**. Londres: Bentley Institute Press, 2007.

PUPO, Regiane Trevisan. Inserção da prototipagem e fabricação digitais no processo de projeto: um novo desafio para o ensino de arquitetura. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 2009.

SASS, L., OXMAN, R. Materializing design: the implications of rapid prototyping in digital design. *Design Studies*, 2006, v. 27, p. 325-355.

SAURA, Carlos Eduardo. **Aplicação da prototipagem rápida na melhoria do processo de desenvolvimento de produtos em pequenas e médias empresas**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2003.

SCHODEK, D. et al. **Digital Design and Manufacturing**. New Jersey: John Wiley and Sons, 2005.

SPHERE ASSOCIATION. **The Sphere Handbook: Humanitarian Charter and Minimum Standards in Humanitarian Response**. 4° ed., Geneva, Switzerland, 2018. Disponível em: <[www.spherestandards.org/handbook](http://www.spherestandards.org/handbook)>. Acesso em 01 de nov. 2018.

UN-HABITAT. *Housing & slum upgrading*. Disponível em: <<https://unhabitat.org/urban-themes/housing-slum-upgrading/>>. Acesso em 16 de abr. 2017.

UNISDR. **Strategy for Disaster Risk Reduction**. Geneva, 2009. Disponível em: <[http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2015/en/gar-pdf/GAR2015\\_EN.pdf](http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2015/en/gar-pdf/GAR2015_EN.pdf)>. Acesso em 16 de abr. 2017.

UNISDR. **The Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. 2015**. Disponível em: <[http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2015/en/gar-pdf/GAR2015\\_EN.pdf](http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2015/en/gar-pdf/GAR2015_EN.pdf)>. Acesso em 16 de abr. 2017.

VOLPATO, N. et al. **Prototipagem Rápida: Tecnologias e Aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 2007.

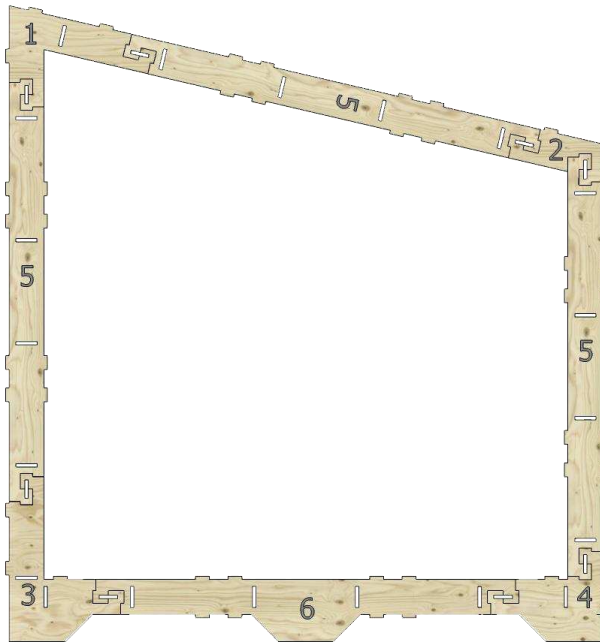
WHAT is wikihouse? **Sketch This**, 2018. Disponível em: < <http://www.sketchthis.net/the-wikihouse-project/>>. Acesso em 25 de out. 2018.

YEUNG, Wendy; HARKINS, Jeremy. Digital Archi For Humanitarian Design: A case study of applying digital technologies in post-disaster reconstruction. A Proceedings of the 15th International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia CAADRIA, Hong Kong, 2010, p. 413 - 422.

# ANEXO 1 - MANUAL DE MONTAGEM

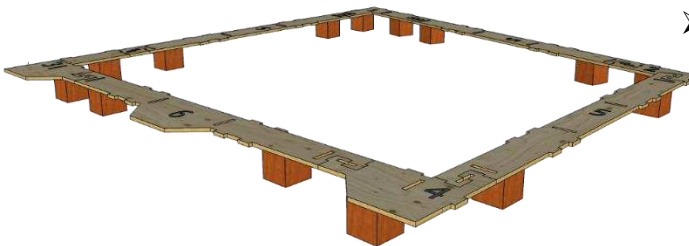
## MÓDULO DO ABRIGO EMERGENCIAL

1



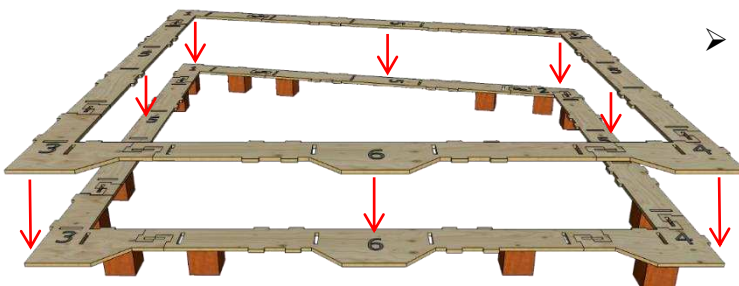
- Separar as peças numeradas de 1 a 6.
- Dispor no chão uma unidade de cada peça, conforme a imagem ao lado.

2



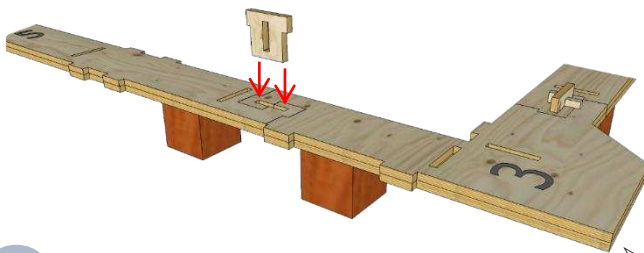
- Apoiar cada peça sobre um calço de madeira. Os calços devem ficar próximos às extremidades de conexão entre as peças.

3



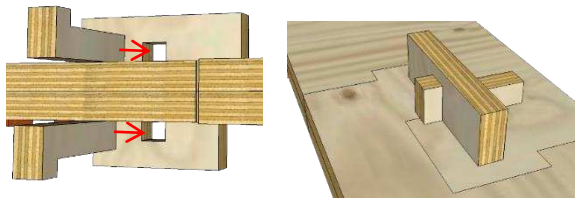
- Colocar mais uma camada das peças numeradas de 1 a 6 por cima das que estão sobre os calços.

4



- Colocar a peça de travamento com formato T em todas as junções entre as peças do pórtico.

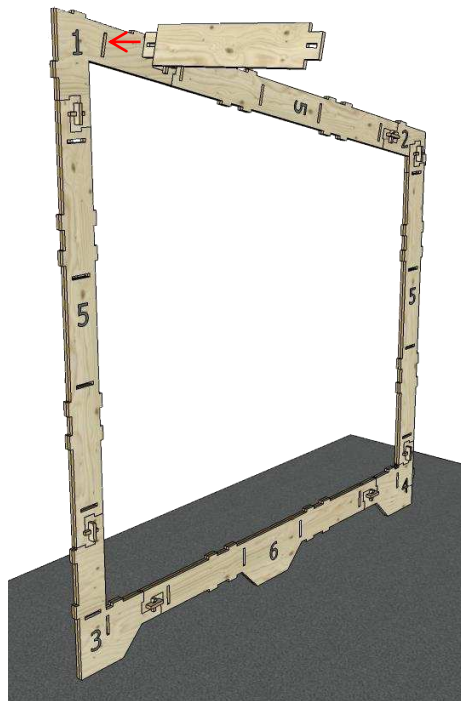
5



- Encaixar a peça de travamento com formato L nas aberturas das peças T.

- Após colocar todas as peças de travamento, o primeiro pórtico estará pronto. O segundo pórtico deve ser montado seguindo as mesmas instruções do anterior.

6



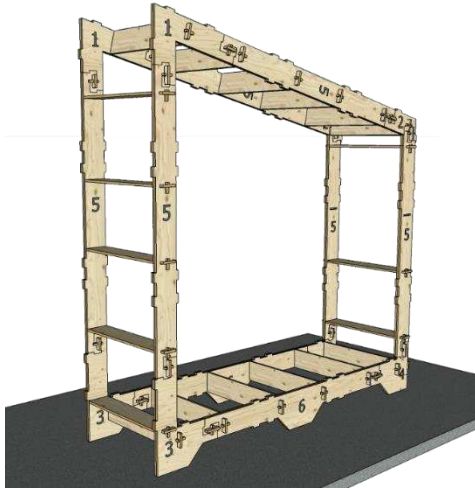
- Com o pórtico em pé, colocar as peças de conexão nas aberturas.

7



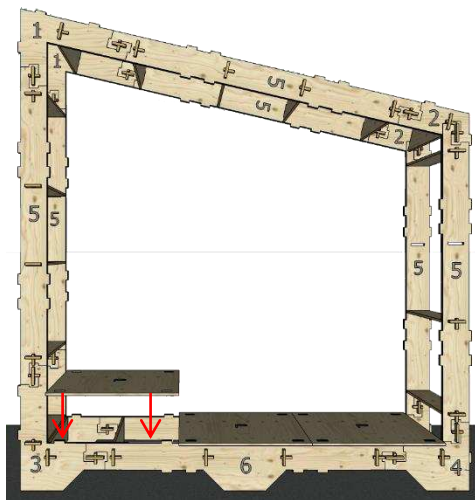
- A peça de conexão é fixada no pórtico com a peça de travamento L.

8



- Após fixar todas as conexões no primeiro pórtico, encaixar o segundo pórtico e fixar com as peças de travamento.
- Ao travar todas as conexões ao segundo pórtico, a estrutura do abrigo estará pronta para receber os fechamentos.

9



- As peças de fechamento devem ser encaixadas nas peças dos pórticos seguindo a identificação do local de instalação:

P = Piso

PA = Parede

PA – C = Parede e Cobertura

C = Cobertura

