



Ministério da Educação  
Universidade Federal do Paraná  
Setor de Tecnologia  
Curso de Arquitetura e Urbanismo



**ANA PAULA SEKULIC MEDEIROS**

# **HABITAÇÃO MÍNIMA**

CURITIBA  
2013

ANA PAULA SEKULIC MEDEIROS

## **HABITAÇÃO MÍNIMA**

Monografia apresentada à disciplina  
Orientação de Pesquisa (TA059) como  
requisito parcial para a conclusão do curso  
de graduação em Arquitetura e Urbanismo,  
Setor de Tecnologia, da Universidade  
Federal do Paraná – UFPR.

**ORIENTADOR:**

Prof. Dr. Paulo Barnabé

CURITIBA  
2013

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

*Orientador(a):*  
*Professor Dr. Paulo Barnabé*

*Examinador(a):*

---

*Examinador(a):*

---

*Examinador(a):*

---

*Monografia defendida e aprovada em:*  
*Curitiba, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2013*

### *Dedicatória*

*Dedico esta pesquisa à minha família, em especial, à minha mãe, ao meu pai e à minha avó, que me deram suporte físico, emocional e financeiro para eu pudesse concluir meu curso em tranquilidade.*

### *Agradecimentos*

*Ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Barnabé  
pela disponibilidade e dedicação.*

*Aos meus pais, Elisabeth e Richard  
pela confiança, apoio e incentivo.*

*À minha querida vó Eides, pela esperança.*

*Ao meu namorado, Alexandre, pelo encorajamento.*

*E a todas as pessoas queridas em minha vida que  
me dão força para lutar.*

*Meu muito obrigada.*

“A casa não é o lugar de morar; o homem mora nas cidades. As casas são apenas um dos equipamentos das cidades.”  
(Paulo A. Mendes da Rocha)

## **RESUMO**

O presente estudo traz uma reflexão sobre as reais necessidades do ser humano no habitar, assim como mostra os benefícios de uma vida com o mínimo. Trata-se de uma pesquisa bibliográfica e documental realizada no ano de 2013, que tem como objetivo servir de base para o trabalho final de graduação (TFG), a ser realizado no segundo semestre do mesmo ano. A pesquisa mostra exemplos de habitações com caráter reducionista e seus respectivos funcionamentos, vantagens e desvantagens. Diante disto, o presente material contém informações sobre o desenvolvimento histórico da habitação, valores arquitetônicos que tornam os espaços melhores, o conceito de habitação mínima, o uso de módulos mínimos na habitação universitária, aspectos da sustentabilidade, da flexibilidade e dos sistemas construtivos bem como as definições de diretrizes de programa para a elaboração do projeto.

Palavras-chave: Habitação Mínima. Módulo. Micro-Arquitetura. Flexibilidade.

## **ABSTRACT**

This study presents a reflection on the real needs of human beings dwelling, and shows the benefits of a life with the least. This is a bibliographical and documentary search made in 2013, which aims to serve as a basis for the final work of undergraduate (TFG), to be held in the second semester of the same year. Research shows examples of dwellings with reductionist character and their workings, advantages and disadvantages. Hence, the present material contains information about the historical development of housing, architectural values that make the spaces better, the concept of minimum housing, the use of minimum modules to students, aspects of sustainability, flexibility, building systems and definitions of program guidelines for the development of the project.

Keywords: Minimum Housing. Module. Micro-Architecture. Flexibility.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 8: <i>Proporções</i> . Fonte: Unwin, 2009.....	20
Figura 9: <i>Proporções</i> . Fonte: Unwin, 2009.....	22
Figura 10: <i>Aberturas</i> . Fonte: EGGERTSSON, 2007.....	24
Figura 11: <i>Proporções</i> . Fonte: EGGERTSSON, 2007 .....	25
Figura 12: <i>Geometria Social</i> . Fonte: EGGERTSSON, 2007 .....	26
Figura 13: Charlotte Perriand. <i>Refuge Bivouac</i> . Fonte: SLAVID, 2009.....	27
Figura 14: Fuller. <i>Dymaxion Deployment Unit</i> . Fonte: La Casa Asequible .....	28
Figura 15: Grupo Archigram. <i>Living Pod Capsule</i> . Fonte: La Casa Asequible.....	28
Figura 16: Le Corbusier. <i>Le Cabanon</i> . Fonte: woodindesign.com .....	29
Figura 17: Norman Foster. <i>Pill Creek</i> . Fonte: Cargocolletive.com .....	29
Figura 18: Kisho Kurokawa. <i>Nakagin Capsule Tower</i> . Fonte: Micro Very Small Buildings, 2009.....	29
Figura 19: Kisho Kurokawa. <i>Capsule Inn Hotel</i> . Fonte: Micro Very Small Buildings, 2009....	29
Figura 20: Santiago Cirugeda. <i>Casa Pollo</i> . Fonte: Micro Very Small Buildings, 2009.....	30
Figura 21: John Pawson. <i>Pawson House</i> . Fonte: Todd Eberle, Londres, 1999.....	31
Figura 22: Jay SCHAFFER. <i>Weebe House</i> . Fonte: Tiny House, 2007 .....	33
Figura 23: <i>Funcionamento Painel Fotovoltaico</i> . Fonte: Vila, 2013 .....	36
Figura 24: <i>BIPV aplicado em coberturas e brises</i> . Fonte: Onyx, 2013.....	38
Figura 25: <i>BIPV aplicado em fachadas</i> . Fonte: Onyx, 2013.....	38
Figura 26: <i>BIPV aplicado em pisos</i> . Fonte: Onyx, 2013 .....	38
Figura 27: <i>BIPV cores e transparência</i> . Fonte: Onyx, 2013.....	38
Figura 28: <i>Padrões Turbinas Eólicas</i> . Fonte: Vila, 2013.....	39
Figura 29: <i>Sistema de Captação de Águas Pluviais</i> . Fonte: Guia de produtos Harvesting, 2010.....	41
Figura 30: <i>Reaproveitamento de águas pluviais</i> . Fonte: Ecosan, 2010 .....	42
Figura 31: <i>Mobiliário Flexível</i> . Fonte: Graham Hill.....	61
Figura 32: Graham Hill. <i>Parede Móvel</i> . Fonte: dailymail, 2013.....	62
Figura 33: Mies van der Rohe. Possibilidades de layouts <i>Casa Núcleo</i> . Fonte: Arquitextos, 2011. Desenho de Luciana Fornari Colombo, baseados nos desenhos originais do arquiteto .....	62
Figura 34: Eduard Bohtlingk. De Markies. Fonte: Felldesain,1985 .....	63
Figura 35: Adam Kalkin. Pushbutton. Fonte: Micro Very Small Buildings, 2005.....	63
Figura 36: Olson Kundig. <i>Módulos Rolling Huts</i> . Fonte: Revista Arquitetura Viva, 122.....	64
Figura 37: Sistema Construtivo m-ch. Fonte: Richard Horden, 2013 .....	66
Figura 38: Implantação no terreno. Fonte: Richard Horden, 2013 .....	66
Figura 39: Richard Horden. <i>Acesso e circulação de ar</i> . Fonte: A autora, 2013 .....	67
Figura 40: Richard Horden. <i>Flexibilização Interna</i> . Fonte: A autora, 2013 .....	68
Figura 41: Richard Horden. <i>Micro Compact Home</i> . Fonte: MoMA Videos, 2008 .....	68
Figura 42: Richard Horden. <i>Funcionamento</i> . Fonte: Anotações da autora, 2013.....	69
Figura 43: <i>Esquadrias</i> . Fonte: Richard Horden, 2013 .....	70
Figura 44: Richard Horden. <i>Axialidade</i> . Fonte: A autora, 2013 .....	71

Figura 45: <i>Diferentes Configurações</i> . Fonte: Richard Horden, 2013.....	72
Figura 46: Gary Chang. <i>1976 Gary Chang's Apartment</i> . Fonte: Archivenue.....	74
Figura 47: Gary Chang. <i>1976 Gary Chang's Apartment</i> . Japão. Fonte: Fair Companies, 2013 .....	74
Figura 48: Gary Chang. <i>Gary Chang's Apartment</i> . Japão. Fonte: Yossawat .....	75
Figura 49: Gary Chang. <i>Gary Chang's Apartment</i> . Japão. Fonte: Yossawat .....	75
Figura 50: Gary Chang. <i>Gary Chang's Apartment</i> . Japão. Fonte: da autora.....	76
Figura 51: Gary Chang. <i>Biblioteca</i> . Japão. Fonte: Fair Companies.....	77
Figura 52: Gary Chang. <i>Prateleiras de Utensílios</i> . Japão. Fonte: Fair Companies .....	77
Figura 53: Gary Chang. <i>Spa Wall</i> . Japão. Fonte: Fair Companies .....	78
Figura 54: Gary Chang. <i>Spa</i> . Japão. Fonte: Fair Companies .....	78
Figura 55: Gary Chang. <i>Planta baixa módulo 6</i> . Japão. Fonte: da autora.....	78
Figura 56: Gary Chang. <i>Vista módulo 6</i> . Japão. Fonte: da autora .....	79
Figura 57: Gary Chang. <i>Corte módulo 6</i> . Japão. Fonte: da autora .....	79
Figura 58: Gary Chang. <i>Esquema módulo 6</i> . Japão. Fonte: da autora.....	80
Figura 59: Gary Chang. <i>Funcionamento da mesa</i> . Japão. Fonte: Fair Companies .....	81
Figura 60: Gary Chang. <i>Funcionamento da cama</i> . Japão. Fonte: Fair Companies .....	81
Figura 61: <i>Planta Baixa e setorização System3</i> . Fonte: da autora .....	83
Figura 62: <i>Painéis System3</i> . Fonte: Olkruf.....	84
Figura 63: <i>Montagem System3 MoMA</i> . Nova Iorque. Fonte: MoMA Videos .....	84
Figura 64: <i>Processo CNC</i> . Fonte: Olkruf .....	85
Figura 65: Barbara Appolloni. <i>Vista da cozinha (cama aberta e fechada)</i> . Fonte: One Kindesign .....	86
Figura 66: Barbara Appolloni. <i>Vista da mesa dobrável</i> . Fonte: One Kindesign .....	86
Figura 67: Barbara Appolloni. <i>Painel Pinus</i> . Fonte: Fair Companies.....	87
Figura 68: Barbara Appolloni. <i>Banheiro</i> . Fonte: One Kindesign .....	87
Figura 69: Barbara Appolloni. <i>Parede VIROC</i> . Fonte: One Kindesign .....	88
Figura 70: Barbara Appolloni. <i>Varanda</i> . Fonte: One Kindesign.....	88
Figura 71: Barbara Appolloni. <i>Terraço</i> . Fonte: One Kindesign .....	89
Figura 72: Barbara Appolloni. <i>Plantas Baixas</i> . Fonte: da autora.....	89
Figura 73: Renzo Piano. <i>Diogene</i> . Fonte: Renzo Piano. ....	91
Figura 74: Renzo Piano. <i>Exposição Vitra</i> . Fonte: Renzo Piano. ....	92
Figura 75: Renzo Piano. <i>Exposição Vitra</i> . Fonte: Renzo Piano. ....	92
Figura 76: Renzo Piano. <i>Variações na configuração do espaço</i> . Fonte: da autora. ....	93
Figura 77: Renzo Piano. <i>Variações na configuração do espaço</i> . Fonte: Renzo Piano. ....	93
Figura 78: Renzo Piano. <i>Corte 1 - Cozinha, banheiro e ático</i> . Fonte: Renzo Piano. ....	94
Figura 79: Renzo Piano. <i>Corte 2 - Sala e dormitório</i> . Fonte: Renzo Piano. ....	94
Figura 80: Renzo Piano. <i>Isométrica explodida mostrando os sistemas</i> . Fonte: Renzo Piano.....	96
Figura 81: Renzo Piano. <i>Forma e Instalações no telhado</i> . Fonte: Renzo Piano .....	97
Figura 82: Summer Container. Fonte: Micro Very Small Buildings, 2009 .....	99
Figura 83: Parasite Las Palmas. Fonte: Mimi Zeiger, 2010. ....	101
Figura 84: <i>Ensaio de Layout</i> . Fonte: da autora, 2013 .....	105
Figura 85: <i>Possibilidades de transporte e de apoio</i> . Fonte: da autora, 2013 .....	105
Figura 86: <i>Implantação e elementos estudados</i> . Fonte: da autora, 2013.....	106
Figura 87: <i>Ensaio de Layout</i> . Fonte: da autora, 2013 .....	106

Figura 88: <i>Estabilidade</i> . Fonte: da autora, 2013 .....	107
Figura 89: <i>Ensaaios de Layout</i> . Fonte: da autora, 2013 .....	107

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Verificação da angulação correta para painéis fotovoltaicos. Fonte: Villalva & Gazoli, apud VILA, 2013 .....	35
Tabela 2: Dr. Sérgio Fernandes Tavares. <i>Análise do Ciclo de Vida das Edificações</i> , 2013..	45
Tabela 3: SCHEUER & REPPE. <i>Análises Energéticas</i> . 2003.....	46
Tabela 4: GANN; SENKER. <i>Fatores que inibem o uso de técnicas de pré-fabricação</i> . Fonte: Avaliação de Sistemas Construtivos para Habitações de Interesse Social, 2004 .....	49
Tabela 5: <i>Pontos positivos e negativos da madeira</i> . Fonte: da autora, 2013.....	52
Tabela 6: <i>Pontos positivos e negativos do aço</i> . Fonte: da autora, 2013.....	55

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2 CONCEITUAÇÃO TEMÁTICA.....</b>	<b>17</b>
2.1 <i>A IMENSURALIDADE DO LAR</i> .....	19
2.1.1 Luz.....	20
2.1.2 Proporções.....	20
2.1.3 Axialidade.....	21
2.1.4 Materiais e Detalhes.....	21
2.1.5 Recinto.....	21
2.1.6 Organização dos Espaços.....	22
2.1.7 Geometria Social.....	22
2.1.8 Geometria de Fabricação .....	23
2.1.9 Conclusão .....	23
2.1.10 Imensuralidade na prática .....	23
2.2 <i>A HABITAÇÃO MÍNIMA</i> .....	27
2.2.1 Breve Histórico da Micro-arquitetura.....	27
2.2.2 Habitação Mínima .....	30
2.2.2.1 O valor do espaço .....	32
2.2.3 Small House Movement.....	33
2.3 <i>AUTOSSUFICIÊNCIA</i> .....	34
2.3.1 Geração de energia .....	34
2.3.1.1 Energia Fotovoltaica .....	34
2.3.1.2 Building Integrated Photovoltaics (BIPV).....	37
2.3.1.3 Energia Eólica.....	38
2.3.2 Suprimento de água .....	40
2.3.2.1 Redução do Consumo de Água Potável.....	40
2.3.2.2 Captação e Gestão de Águas Pluviais.....	41
2.3.3 Tratamento de resíduos .....	42
2.4 <i>SISTEMAS CONSTRUTIVOS</i> .....	44
2.4.1 Materiais .....	44
2.4.1.1 Durabilidade e Manutenção.....	44
2.4.1.2 Energia Embutida (EE).....	44
2.4.2 Racionalização Construtiva .....	47
2.4.2.1 Industrialização da Construção.....	47
2.4.2.2 Gestão de Resíduos (RCD).....	49
2.4.3 Estudo da Madeira e do Aço .....	50
2.4.3.1 Madeira .....	50
2.4.3.2 Aço.....	52
2.4.3.3 Conclusões.....	55
2.5 <i>CONFORTO TÉRMICO</i> .....	56
2.5.1 Ventilação Natural .....	56
2.5.2 Resfriamento Evaporativo .....	58

2.5.3 Iluminação Natural.....	58
2.5.4 Aquecimento Solar Passivo .....	59
2.5.5 Proteções Solares .....	60
2.6 FLEXIBILIDADE.....	61
2.6.1 Mobilidade .....	61
2.6.2 Evolução.....	62
2.6.3 Elasticidade.....	63
2.6.4 Transportabilidade .....	64
<b>3 ESTUDOS DE CASO.....</b>	<b>65</b>
3.1 MICRO COMPACT HOME (m-ch).....	65
3.1.1 Estrutura e Implantação .....	65
3.1.2 Vedação e Acabamento.....	66
3.1.3 Instalações .....	66
3.1.4 Aberturas .....	67
3.1.5 Flexibilização Interna.....	67
3.1.6 Elementos mensuráveis e mensuráveis.....	69
3.1.6.1 Luz.....	69
3.1.6.2 Proporções .....	70
3.1.6.3 Axialidade .....	71
3.2.6.4 Materiais e Detalhes .....	71
3.1.6.5 Recinto .....	71
3.1.6.6 Geometria Social.....	72
3.1.6.7 Geometria da Fabricação.....	73
3.1.7 Conclusão .....	73
3.2 CHANG'S APARTMENT .....	74
3.2.1 Paredes Móveis.....	74
3.2.2 Módulo 6.....	76
3.2.3 Mobiliário .....	80
3.2.4 Conclusão .....	81
3.3 SYSTEM3.....	83
3.3.1 Funcionamento.....	83
3.3.2 Conclusão .....	85
3.4 LEGO APARTMENT .....	86
3.4.1 Funcionamento.....	86
3.4.2 Conclusão .....	90
3.5 DIOGENE MICRO-HOME.....	91
3.5.1 Funcionamento.....	92
3.5.2 Autossuficiência .....	95
3.5.3 Conclusão .....	97
<b>4 INTERPRETAÇÃO DA REALIDADE.....</b>	<b>98</b>
4.1 ANÁLISE DOS POSSÍVEIS USOS.....	98
4.1.1 Habitação Universitária .....	99
4.1.2 Habitação Sazonal.....	99
4.1.3 Habitação nômade.....	100
4.1.4 Habitação temporária .....	100

4.1.5 Habitação Parasita.....	101
4.1.6 Refúgio .....	102
4.2 PRÉ-REQUISITOS DE IMPLANTAÇÃO.....	102
<b>5. DIRETRIZES DE PROJETO .....</b>	<b>103</b>
5.1 PROGRAMA DE NECESSIDADES E PRÉ-DIMENSIONAMENTO.....	103
5.3 VIABILIDADE.....	104
5.5 ENSAIOS DE PROJETO.....	104
<b>6. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>108</b>
6.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	108
6.1 REFERÊNCIAS WEBGRÁFICAS.....	110
6.3 OUTRAS REFERÊNCIAS.....	114

## 1 INTRODUÇÃO

A presente pesquisa busca informações para a elaboração de um módulo residencial que permita um maior acesso à moradia, em termos de rapidez, praticidade e flexibilidade. Foi definido como tema, portanto, a *casa mínima*, ou seja, um espaço residencial com área e funções minimizadas que possui tudo que é necessário para uma moradia de qualidade, considerando um uso específico e temporário.

O objetivo fundamental, então, é o desenvolvimento de um módulo mínimo residencial que possa gerar novas possibilidades aos cidadãos. Assim, ele, além de facilitar as oportunidades e até mesmo os imprevistos que a vida traz, influencia, principalmente, a percepção das reais necessidades do homem, em termos quantitativos, e estimula a reflexão sobre a relação dele com a casa e com o mundo externo.

Como metodologia de pesquisa, inicialmente, faz-se uma análise sobre a relação da cultura local e temporal com o programa de necessidades das residências, comprovando sua flexibilidade e mutabilidade. Constata-se uma vida muito mais ocupada nos dias de hoje, o que nos leva a pensar sobre a real necessidade de casas grandes e com espaços ociosos.

Na sequência, fala-se sobre os elementos que tornam os edifícios mais próximos dos usuários e que possibilitam e estimulam a criação de vínculos. Então, estudam-se os aspectos relacionados à habitação mínima propriamente dita, bem como seus motivos e potencialidades. Como fundamentação técnica, são vistos os assuntos como autossuficiência, sistemas construtivos, conforto e flexibilidade, fato qual permitirá desenvolver um módulo que possa ser implantado em diferentes situações e com objetivos distintos. Desta maneira, será possível a sua utilização para fins de moradia convencional, temporária, sazonal, nômade, ou até mesmo como refúgio.

A fim de materializar as conclusões obtidas, são realizados estudos de caso, com enfoque na flexibilização interna, funcionamento e sistemas construtivos. Em seguida, são levantados as possibilidades referentes à implantação e aos usos e

são desenvolvidos estudos e possíveis partidos para uma próxima etapa, a do projeto arquitetônico.

## 2 CONCEITUAÇÃO TEMÁTICA

A habitação mínima é um conceito antigo<sup>1</sup>, mas cada vez mais tem sido valorizado devido, não somente à escassez de áreas livres nas grandes cidades, como também às mudanças sociais resultantes dos novos perfis de família e de emprego. Com suas dimensões reduzidas ao mínimo, sem prejudicar, entretanto, aspectos físico-funcionais, psicossociais e relacionados ao conforto ambiental, essas casas abrigam toda a infraestrutura para a qualidade de vida de seus usuários. Elas representam ainda, para muitos, uma ideologia: a vida mínima, que consiste na paz de espírito ligada à abstinência ou redução de bens materiais.

Independente de qualquer ideologia, essas casas têm muito a acrescentar às vidas das pessoas. Esses benefícios são, entre outros:

- Implantação facilitada: devido ao seu tamanho, pode ser implantada em uma gama maior de terrenos;
- Sustentabilidade: uma quantidade reduzida de materiais é empregada não só na construção, como também na manutenção durante todo o ciclo de vida de uma habitação mínima. Também devido à área, além da redução do impacto ambiental, haverá a redução do impacto social.
- Mais tempo livre: quanto menor a manutenção e problemas relacionados aos bens materiais, mais tempo é liberado para realização de outras atividades;
- Dualidade entre o íntimo e o externo: uma casa mínima, ao mesmo tempo que garante a privacidade, o conforto e a segurança aos usuários, impulsiona-os à buscar o mundo exterior e a convivência com a cidade e com outros indivíduos. O morador de uma dessas unidades projetadas pelo arquiteto Richard HORDEN<sup>2</sup> afirma:

"Terá sempre essa dualidade ao morar na *Micro Compact Home*. Por um lado, claro, você está isolado: uma pessoa, um ser. Mas por outro lado você é forçado pela capacidade que ela (a casa) possui. Você é forçado para fora com sua mente e com sua criatividade, pela necessidade de contato humano. Você fica tão restrito que sente a necessidade de expandir-se em todos os sentidos." - Filipp Fuchs, morador da *Micro Compact Home* (m-ch).

---

<sup>1</sup> O capítulo 2.3.1 falará sobre o assunto

<sup>2</sup> Capítulo 3.1 *Micro Compact Home*

Por esse motivo, acredita-se que a casa mínima possibilita novas experiências, muito diferentes das vividas até então. Viver em um módulo mínimo significa priorizar as relações humanas e a convivência com o mundo externo, em detrimento às atividades e relações domésticas. Fica claro, que o perfil de usuário é bem delimitado e resume-se, basicamente, a pessoas jovens ou sem família estabelecida. Na sequência do trabalho, serão mostradas todas as possíveis utilizações para esse padrão de módulo.

## 2.1 A IMENSURALIDADE DO LAR

“A experiência de lar nunca é mais forte do que quando avistamos a luz acesa vinda de dentro de uma janela em plena paisagem escura de inverno”. Pallasma

“Arquitetos precisam resolver uma série de problemas técnicos e funcionais, mas o design do edifício precisa também ajudar os usuários a apreciar e interpretar as qualidades do lugar”. Ola Nylander

A habitação não deve ser pensada simplesmente como um edifício para habitar, deve ser um local que atenda a conceitos mais amplos de “*lar*”. Para isso, é preciso entender a diferença entre casa e lar. A casa é a edificação que contém atributos mensuráveis, tais como mobiliário, equipamentos mecânicos, acessibilidade, sistemas de ventilação, etc., os quais atendem nossas necessidades básicas. O lar é a casa somada com os atributos imensuráveis, geralmente idealizados em elementos estéticos e simbólicos, os quais vão fazer com que o morador se identifique com a residência e se aproprie do *senso de lar*. Segundo Christian Norberg-Schulz e Ola Nylander (2002, p. 10) “A arquitetura ajuda a habitar no sentido amplo da palavra. A arquitetura é o que faz do morar mais do que apenas o cumprimento de uma obrigação.” Para que uma pessoa se identifique com o local onde mora e tenha prazer de voltar pra casa depois de um longo dia de trabalho, esse local deve ser considerado um lar.

De acordo com o filósofo Gaston Bachelard (apud NYLANDER, 2002), os atributos imensuráveis são difíceis de perceber conscientemente e de descrevê-los verbalmente; são atributos que se sentem e que ficam no nosso subconsciente. Ele explica que dar a um objeto um espaço poético, é dar-lhe mais espaço do que esse objeto realmente tem. O espaço poético seria, em outras palavras, um espaço com características imensuráveis.

Os atributos imensuráveis são classificados de diferentes formas e relevâncias. Para fins do presente estudo, foram selecionados alguns deles, de maior importância para o tema *Residência*, os quais foram escritos e explicados por dois diferentes autores: Ola Nylander, em seu livro *Architecture of the Home*, e Simon Unwin, em *Análisis de la Arquitectura*.

“Por mais que o uso dos elementos fundamentais sejam o meio primário do qual se vale o projetista para organizar conceitualmente o espaço em lugares, os elementos variáveis contribuem muito na experiência de tais lugares.” (Simon Unwin, 2003, pág 25)

### 2.1.1 Luz

A luz dá o caráter específico do lugar, seja ela natural ou artificial, e nos permite ver e apreciar as formas da arquitetura. O jeito que a luz se comporta dentro de um ambiente traz diferentes sensações e aproxima o morador da casa. Pode ser direta, difusa, produzir sombras e pode ter diferentes níveis de iluminação e de distribuição. As variações da luz natural durante o dia, meses e anos pode ser bastante estimulante. Em espaços reduzidos, como na habitação mínima, a luz será determinante para uma boa interpretação do lugar, visto que esses espaços, quando mal iluminados, podem se tornar desconfortáveis não só visualmente, mas como também sensorialmente.

### 2.1.2 Proporções

As *proporções* estão relacionadas com o tamanho e com a forma de um espaço, e deste com os usuários. A proporcionalidade entre as dimensões internas dos espaços (largura, profundidade e pé direito) ajuda na apropriação. Caso esta proporção não exista, o ambiente gera desconforto e afastamento. No caso da habitação mínima, é preciso manter a proporcionalidade no momento da redução da escala, não só em planta, mas também em altura. Além da proporcionalidade entre as partes, deve-se considerar a proporcionalidade entre o edifício e o entorno. Uma mesma forma em diferentes tamanhos causa percepções distintas no observador (Figura 8).

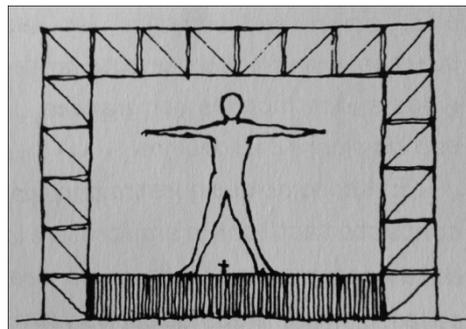


Figura 1: *Proporções*. Fonte: Unwin, 2009

Leonardo da Vinci (apud Unwin, 2009), em seus desenhos, sugere que o corpo humano ideal se ajusta a proporções geométricas, e também que as medidas do corpo humano estão vinculadas às da natureza e do universo. Existem muitos estudos relacionados com as proporções ideais para serem utilizadas nos objetos e edifícios, proporções com princípios estéticos e funcionais. O arquiteto Le Corbusier criou o *sistema Modulor* (1945), no qual as proporções do corpo humano se relacionam com as de outras criações da natureza.

Para Simon Unwin (2009), a arquitetura que usa a proporção de forma “perfeita”, ou seja, que usa algum princípio de proporção com o objetivo de se chegar a uma forma ideal, chama-se Geometria Ideal. Segundo ele, é uma forma que os arquitetos encontraram de “impor ordem no mundo”. Essa arquitetura já é feita desde a época renascentista, onde eram aplicados, além da proporção, conceitos como simetria e rigidez.

### 2.1.3 Axialidade

É um fator que enfatiza dois pontos focais da casa e o cria o reconhecimento de um vínculo. Ele ainda se relaciona com o movimento, com a luz do dia e com a organização dos espaços.

### 2.1.4 Materiais e Detalhes

Os materiais e os detalhes trarão a proximidade do morador com a casa, a medida que contem uma história, seja ela ligada à sua autenticidade, origem, produção ou evento. Cada indivíduo se identificará com o material ou detalhe que mais se encaixe na sua história ou ideologia de vida. A personalização dos módulos residenciais, em termos de acabamento e variações internas, será de papel importante no momento do projeto.

### 2.1.5 Recinto

Recinto é a palavra que caracteriza um ambiente ou cômodo fechado. Pensando na imensuralidade do seu significado, remete à relação entre espaços internos e externos. Os espaços internos têm a atmosfera de segurança e de

estabilidade, enquanto os externos, de expansão e de liberdade. A relação entre essas duas experiências resultará em uma casa equilibrada. Os espaços internos e externos são sentidos não só pelo fato de possuírem ou não tetos e paredes, mas também pelo tamanho de suas aberturas, pela entrada de luz e pela proximidade, tamanho e massas das paredes. O jogo de aberturas auxiliará ainda no processo de aproximação do externo, conceito explicado anteriormente no capítulo Conceituação Temática.

### 2.1.6 Organização dos Espaços

Consiste na relação entre morador, casa e terreno que, juntos, dão o senso de lar. Segundo Nylander (2002), “A organização dos espaços é um pré-requisito para nossa identificação com o espaço público da cidade ou com a paisagem natural que envolve a casa.”

### 2.1.7 Geometria Social

Na arquitetura, a geometria e a disposição dos espaços interfere na relação que as pessoas vêm a ter entre si. A geometria social, segundo Simon Unwin "parece fazer alusão à união e à igualdade das pessoas na experiência compartilhada do mundo" (Simon Unwin, 2003, pág 115). Em seus exemplos consta a disposição frente a frente e a lado a lado. A primeira pode remeter ao confronto, enquanto a segunda à concórdia e ao íntimo (Figura 9).

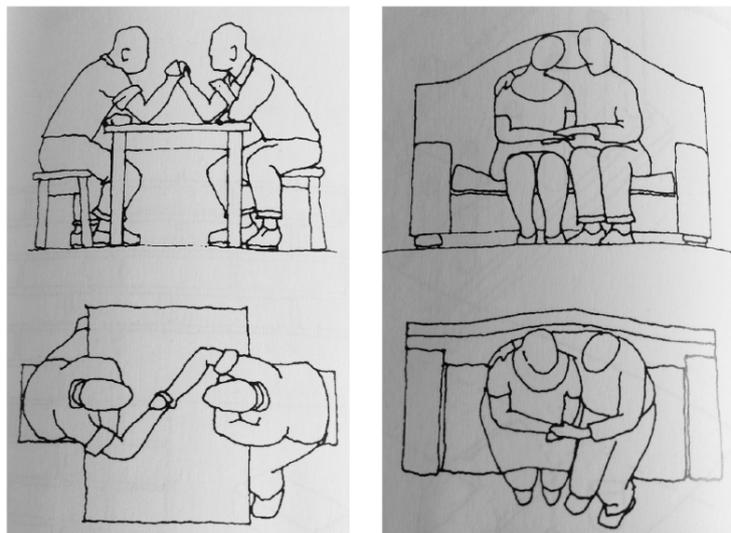


Figura 2: *Proporções*. Fonte: Unwin, 2009

### 2.1.8 Geometria de Fabricação

Além da geometria social, deve-se considerar que a forma da edificação pré-fabricada dependerá da qualidade dos materiais construtivos escolhidos e dos métodos a serem utilizados na fabricação e montagem.

### 2.1.9 Conclusão

A imensuralidade é, portanto, a soma dos diversos elementos estudados, resultando em um espaço diferenciado em cada situação. Em cada edifício, a força e a proporção desses elementos será diferente, porém, sempre estarão presentes.

### 2.1.10 Imensuralidade na prática

Um bom exemplo de casa que possui essa imensuralidade é a Box Home. Ela também se enquadra no tema da presente pesquisa, que é habitação mínima. A casa foi construída em 2007, projeto do escritório Rintala Eggertsson Architects e está situada em Oslo. Ela possui 5,5 x 2,3 metros externos e altura igual a 5,7 metros.

Suas aberturas são inusitadas, havendo uma ampla janela em formato de cruz na fachada principal além de aberturas zenitais para o segundo pavimento (Figura 10). Devido ao formato das aberturas combinado com as dimensões da casa, a luz natural a penetra e cria faixas de luz em diferentes sentidos e tamanhos durante o decorrer do dia, o que propicia movimento e vida ao ambiente.



Figura 3: *Aberturas*. Fonte: EGGERTSSON, 2007

Além disso, tais aberturas, apesar de amplas, garantem a privacidade do usuário devido à forma e à localização. A relação visual com o exterior é feita por janelas altas e pela porta, o que proporciona a essa casa um caráter mais privativo e íntimo (recinto).

Suas proporções externas quase compõem um quadrado extrudado, ou seja, possui uma simetria praticamente perfeita<sup>3</sup> no seu perímetro, a qual é quebrada com o desenho das esquadrias, gerando, assim, equilíbrio sem perder o caráter contemporâneo. Internamente as proporções se aproximam de 1:2 em planta e, em altura, são equilibradas com a disposição de um segundo pavimento segmentado. Nas duas extremidades da casa os usuários contam com áreas pequenas e pé-direitos igualmente reduzidos. À medida que se aproximam do centro da casa a percepção é outra: uma área reduzida com um pé-direito duplo. Esse espaço acaba fazendo a transição entre o interior e o exterior (Figura 11).

A axialidade é evidenciada pelos pontos focais que são criados nas janelas, visto que o ambiente interno é escuro e contrasta com a luz advinda da luz do dia.

---

<sup>3</sup> *Geometria ideal*, vista na seção 2.2.2 Proporções



Figura 4: *Proporções*. Fonte: EGGERTSSON, 2007

Os materiais utilizados são contrastantes entre si. O revestimento externo é de alumínio, o que evidencia a modernidade. Já dentro a casa, o acabamento se dá em madeira, tornando o espaço mais aconchegante. Internamente, ainda, o contraste acontece com as cores das diferentes espécies de madeira. Isso fica mais evidente devido ao *minimalismo* de suas formas e *layout*.

Os espaços públicos estão separados dos íntimos pelos pavimentos, uma vez que as camas estão localizadas no piso superior. Isso cria uma organização que setoriza a casa de acordo com seu grau de uso.

A geometria social induz as pessoas a permanecerem no piso inferior, onde está localizada a mesa. A escada de acesso ao segundo pavimento, devido ao seu modelo e disposição, não convida os hóspedes a subirem, o que propicia maior intimidade aos moradores.



Figura 5: *Geometria Social*. Fonte: EGGERTSSON, 2007

A geometria do conjunto é influenciada ainda pelas peças e estrutura pré-fabricadas: fechamento em placas de alumínio e estrutura em madeira pinus.

## 2.2 A HABITAÇÃO MÍNIMA

Ao se projetar uma habitação mínima é preciso, além de considerar apenas o que é necessário, resolver questões relacionadas à flexibilidade e à economia de espaço e de materiais, buscando tornar as unidades funcionais e economicamente acessíveis.

### 2.2.1 Breve Histórico da Micro-arquitetura

O termo "micro-arquitetura", surgiu em meados na década de 1960 com arquitetos como Werner Pantón, Fuller, Quasar Kahn e o grupo Archigram. A casa mínima, especificadamente, foi um tema que marcou a época, estimulado pelo progressivo aumento da população mundial. O MoMA, criado nos anos 30, também influenciou a pesquisa na área, devido às suas frequentes exposições sobre o tema.

Em 1929, a arquiteta Charlotte Perriand junto com Le Corbusier, construíram uma das primeiras demonstrações de micro-casa móvel, a *Refuge Bivouac*. A casa tinha 14m<sup>2</sup> e foi apresentada para o CIAM (SLAVID, 2009).



Figura 6: Charlotte Perriand. *Refuge Bivouac*. Fonte: SLAVID, 2009

Em 1941 Fuller instalou sua unidade habitacional Dymaxion Deployment Unit, imaginada como uma solução rápida para o abrigo de milhares de pessoas que perderam suas casas na Segunda Guerra Mundial. A unidade de Fuller, assim como a cápsula Living Pod do grupo Archigram, fizeram parte de uma corrente que se destacou: a corrente das casas "cápsula", na qual a arquitetura se fundia com os equipamentos internos.

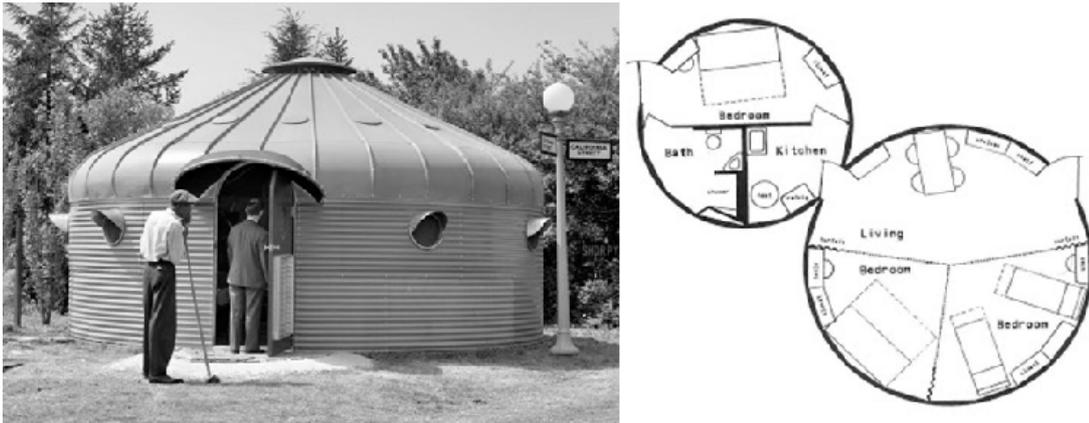


Figura 7: Fuller. *Dymaxion Deployment Unit*. Fonte: La Casa Asequible

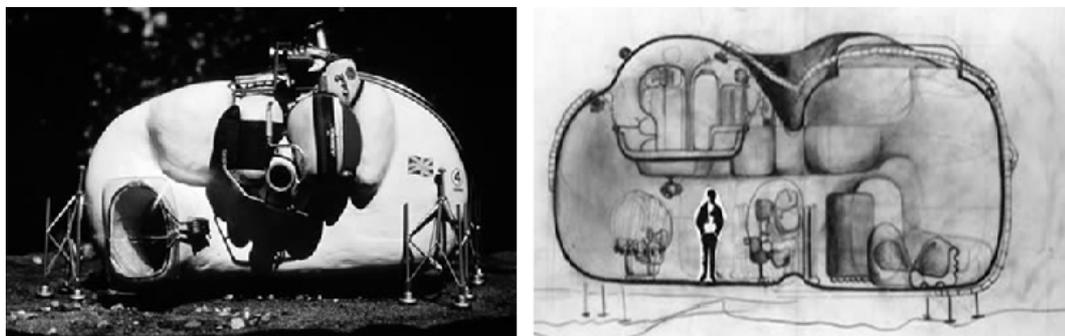


Figura 8: Grupo Archigram. *Living Pod Capsule*. Fonte: La Casa Asequible

Em 1951, Le Corbusier projetou a "Cabanon", uma casa com planta dimensionada em 3,66 x 3,66m, baseada nas dimensões do "Modulor"<sup>4</sup>. Já em 1964 Norman Foster projetou e executou o Pill Creek, um pequeno abrigo de refúgio em Cornualha. Sua função era abrigar as atividades de leitura, contemplação e eventuais piqueniques. Em 1972, o edifício Nakagin Capsule Tower foi construído, pelo arquiteto Kisho Kurokawa. Ele, em 1979 projetou também outro hotel com o mesmo princípio, o Capsule Inn Hotel, onde os dormitórios se resumiam a apenas uma cama, em forma de gavetas.

<sup>4</sup> Capítulo 2.2.2 Proporções



Figura 9: Le Corbusier. *Le Cabanon*. Fonte: Woodindesign

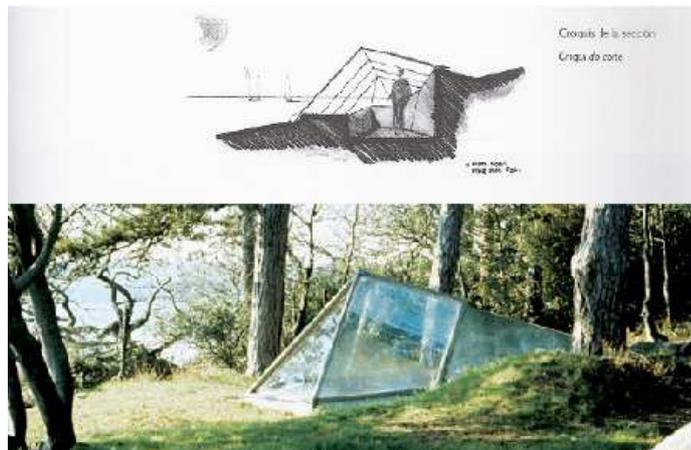


Figura 10: Norman Foster. *Pill Creek*. Fonte: Cargocolletive



Figura 11: Kisho Kurokawa. *Nakagin Capsule Tower*. Fonte: Micro Very Small Buildings, 2009

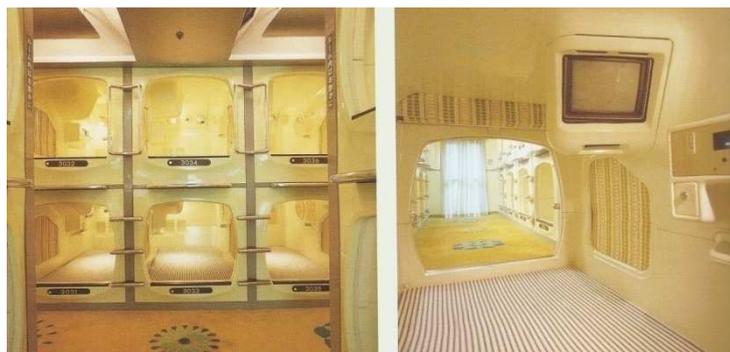


Figura 12: Kisho Kurokawa. *Capsule Inn Hotel*. Fonte: Micro Very Small Buildings, 2009

As controvérsias do conceito da casa mínima começaram a ser percebidas após vários experimentos, quando alguns passaram a se questionar se as soluções compactas ofereceriam uma casa mais acessível economicamente ou se seriam apenas segundas casas (SLAVID, 2009). O grande problema dessas moradias é a necessidade de se ter móveis planejados, o que acaba encarecendo os projetos. Esse motivo, somado com a área reduzida, faz com que o morar em casas mínimas precise ser uma escolha e não obrigação.

Em resposta a esses problemas, arquitetos continuaram produzindo para provar a viabilidade da ideia. É o caso de Santiago Cirugeda, que, em 2005, construiu a Casa Pollo (Figura 20), mesmo depois de ter seu pedido de investimento negado pelo governo local, com a justificativa de que 30m<sup>2</sup> não eram suficientes.



Figura 13: Santiago Cirugeda. *Casa Pollo*. Fonte: *Micro Very Small Buildings*, 2009

Assim, é preciso avaliar qual é o objetivo do módulo residencial a ser proposto; se possuirá características e infraestrutura de casa ou de refúgio. Da mesma forma, é necessária a avaliação do investimento disponível a fim de evitar sistemas de mobiliário flexível que não sejam acessíveis economicamente ou em termos práticos. O tamanho também um fator determinante para a viabilidade e funcionamento do conjunto.

### 2.2.2 Habitação Mínima

Valorizar e utilizar apenas aquilo que é estritamente necessário, de acordo com o próprio julgamento e resistir ao consumismo exacerbado, estando satisfeito e

contente com o mínimo. Com essas atitudes, é factível se liberar dos pesos dos bens materiais tendo, assim, mais tempo, dinheiro e espaço desprendidos. Tem-se indícios de que esse pensamento teve grande repercussão com o filósofo grego Diógenes de Sínope (413 - 323 a.C.)<sup>5</sup>, no momento em que ele se absteve de seus bens materiais e viveu a vida em um barril. A *vida mínima*, ainda, é um conceito que vem sendo utilizado pelos japoneses desde o século XVI nas casas de chá (*chashitsu*<sup>6</sup>). Já no século XIX, o filósofo Henry D. Thoreau proferiu e escreveu muito sobre a simplicidade e a arte de reduzir os problemas a partir dela. Muitas religiões e facções espirituais atuais também cultuam a simplicidade, desde os Quakers aos Budistas, e é representada por eles como uma virtude que pode purificar o espírito e oferecer qualidade interior (John Pawson, 1998). Segundo o arquiteto John Pawson, a simplicidade do mínimo está na clareza, no ato de adquirir coisas de maneira certa e não possuir nada que não for necessário. Ele acrescenta, ainda, que um espaço mínimo é limpo e simplesmente agradável de se permanecer (Figura 21). Para o arquiteto Renzo Piano (apud Dezeen, 2013), construir uma casa mínima é se manifestar contra a tendenciosa luxúria da sociedade e, ao mesmo tempo, zombar da corrupção.

“A simplicidade não é a mesma coisa do que não pensar na utilidade e no pragmatismo. [...] Ela depende de carinho, pensamento, conhecimento e paciência.” - John Pawson, 1998



Figura 14: John Pawson. *Pawson House*. Fonte: Todd Eberle, Londres, 1999

<sup>5</sup> Pregava o abandono de todas as luxúrias mundanas e convenções para o "morar simples" em uma grande jarra de cerâmica.

<sup>6</sup> *casa de chá ou chashitsu* - espaço onde eram realizadas as cerimônias do chá. Suas dimensões eram mínimas e medidas pelo número de tatamis, que tinham, cada um, cerca de 1,90 x 0,95 m.

A imagem acima exemplifica um espaço com esse caráter. Planos livres, poucos elementos, riqueza nos detalhes. O encaixe da esquadria e a iluminação sobre a grande bancada são detalhes discretos que propiciam ordem e leveza ao espaço.

Na arquitetura, a simplicidade não está presente somente na estética, está também na funcionalidade e até mesmo na estrutura de um edifício, a qual é prática, segura e não desperdiça materiais.

#### 2.2.2.1 O valor do espaço

“O espaço é um volume invisível de ar... O visível faz a forma do trabalho. O invisível faz o valor... O espaço é um lugar definido em existência e em ideia que se apresenta como uma forma imaginária... Ele é compreensível como qualidade, como conceito, uma ilusão”. (Wulz, Fredrik F., 1991, p. 85)

O espaço [ou vazio], é um fator determinante para a realização de qualquer atividade. Na sua ausência, faz-se necessária a busca por alternativas, as quais, muitas vezes podem trazer estresse. Na escala da casa, o excesso de objetos, mobiliários e eletrodomésticos faz com que os espaços livres se tornem cada vez menores. Segundo JAY (2010), para uma percepção harmoniosa dos ambientes o espaço deve ser mais valorizado do que os objetos.

Além de ocupar espaço, os objetos que adquirimos requerem tempo, dinheiro e cuidados, o que traz, conseqüentemente, o estresse, a preocupação e a distração, fenômenos que atrapalham o desenvolvimento pessoal e inibem a paz e a tranquilidade interior. Os adeptos dessa ideologia do mínimo têm um mantra que é "enjoy without owning" (aproveitar sem possuir), que significa receber todos os benefícios provenientes de uma determinada coisa sem os prejuízos da sua manutenção e perda de espaço. De acordo com Jay (2010), a nossa felicidade tem muito pouco a fazer com nossos pertences uma vez que cumprimos nossas necessidades básicas.

“O vazio nos permite ver o espaço como ele é, ver a arquitetura como ela é, prevenindo-a de ser corrompida, ou

escondida, pelos detritos acidentais das parafernalias do dia-a-dia. Isso nos oferece espaço, tanto psicológico quanto físico, para contemplação, e a serenidade que pode encorajar a quieta e calma meditação, sem a chocante distração dos pertences". John Pawson.

### 2.2.3 Small House Movement

O *Small House Movement* é um nome popular atribuído para um movimento arquitetônico e social que prega o 'morar mínimo' em casas de tamanhos muito reduzidos, podendo chegar, em alguns casos, à 7m<sup>2</sup>. Esse movimento impulsionou a criação de empresas especializadas na produção e venda destas casas, como a Tiny House Company, fundada por Jay Shafer. Essas empresas promovem valores como o baixo impacto ambiental, a eficiência energética e o luxo em uma vida simples (SHAFER, 2012).

Um exemplo de casa criada a partir desse movimento é a Weebee House, 2007, com localização variável. Ela possui sala, escritório, cozinha, e um banheiro em apenas 9m<sup>2</sup>. O quarto fica no sótão, tendo sua área excluída deste somatório. A casa é equipada com um aquecedor de propano e conta com um cabeamento para plugá-la a uma fonte de alimentação externa. Mesmo assim, com simples conversões, pode se adaptar a um sistema de captação de energia solar.

"O segredo para se viver em uma Tiny House está em um design inteligente e na atenção aos detalhes." Jay Schafer of Graton, 2012



Figura 15: Jay SCHAFFER. *Weebee House*. Fonte: Tiny House, 2007

## 2.3 AUTOSSUFICIÊNCIA

A autossuficiência das unidades habitacionais permitirá uma maior flexibilidade de uso e de implantação. Por esse motivo, questões relacionadas à geração de energia, ao suprimento de água, bem como ao tratamento de resíduos líquidos e sólidos serão vistas de forma simples neste capítulo.

### 2.3.1 Geração de energia

O consumo médio residencial por pessoa, segundo a relatório da Copel (2011), é de 167,9 kWh/mês. Em uma unidade mínima, esse consumo será reduzido e se dará, basicamente, na iluminação, no funcionamento de aparelhos e eletrodomésticos e no aquecimento de água.

Segundo a ANEEL<sup>7</sup> (apud Energybras, 2013), os consumidores brasileiros estão tendo incentivo do governo para produção da sua própria energia elétrica por fontes renováveis desde a aprovação da resolução normativa no 482, de 17/04/2012. De acordo com a Energybras, os sistemas de microgeração e minigeração de energia podem ser ligados a rede elétrica e a energia não utilizada é encaminhada para a distribuidora, a fim da obtenção de desconto na conta de luz. Por esse motivo, o desenvolvimento de micro-sistemas alternativos sustentáveis de geração de energia elétrica estão em grande fase de desenvolvimento. Visto isso, serão estudados brevemente esses sistemas com o objetivo de buscar a autossuficiência energética sustentável nos módulos residenciais, ou até mesmo a conexão dos mesmos nas redes públicas.

Entretanto, caso a energia produzida por recursos eólicos ou solares não atenda a demanda, serão implantadas fontes alternativas, como geradores à combustão.

#### 2.3.1.1 Energia Fotovoltaica

Segundo o Professor Dr. Clodomiro Unsihuay Vila (2013), de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Paraná, atualmente, cada metro quadrado em Curitiba recebe, em média, 4,20 kWh/m<sup>2</sup>/dia de energia solar. Apesar de ser uma

---

<sup>7</sup> Agencia Nacional de Energia Elétrica

das médias mais baixas do país, esse valor é superior a média da Alemanha (2,95 kWh/m<sup>2</sup>/dia), que é um país ícone mundial em produção e consumo de energia solar fotovoltaica (EPIA, apud VILA, 2013). Essa informação mostra que o sistema, apesar de representar cerca de 0,5% da energia gerada no Brasil atualmente (ANEEL, 2013), pode se mostrar uma alternativa bastante viável no futuro.

A instalação dos painéis solares deve ser feita para o Norte geográfico, de forma a receber insolação durante todo o dia. O aproveitamento da energia solar que chega ao painel é proporcional ao seu ângulo de incidência; quanto mais próximo da perpendicularidade, maior o aproveitamento. Por esse motivo, o ângulo de instalação do painel tem fundamental importância, devendo ser calculado conforme a localização. É importante ressaltar, que para a geração em pequena escala o melhor custo-benefício se dá quando os painéis são fixos (VILA, 2013).

Portanto, sua angulação no projeto da unidade mínima habitacional deve ser flexível, porém fixo, para que os módulos possam ter aproveitamento energético máximo em qualquer localização. Para a verificação da angulação correta, pode-se basear na tabela de VILLALVA & GAZOLI, mostrada a seguir:

Latitude geográfica do local	Ângulo de inclinação recomendado $\alpha$
0° a 10°	$\alpha = 10^\circ$
11° a 20°	$\alpha = \text{latitude}$
21° a 30°	$\alpha = \text{latitude} + 5^\circ$
31° a 40°	$\alpha = \text{latitude} + 10^\circ$
41° ou mais	$\alpha = \text{latitude} + 15^\circ$

Tabela 1: Verificação da angulação correta para painéis fotovoltaicos. Fonte: Villalva & Gazoli, apud VILA, 2013

Ainda de acordo com VILA (2013), não se aconselha a instalação com ângulos menores do que 10 graus, devido ao risco de acúmulo de poeira. Recomenda-se também que os painéis tenham um afastamento do telhado de forma evitar o superaquecimento do mesmo, através da ventilação, e que seja instalado longe de árvores ou elementos que façam sombra.

O painel fotovoltaico é composto por 7 camadas sobrepostas que se embutem em uma moldura de alumínio. A energia gerada em um sistema isolado

(não conectado à rede) é transmitida, através de cabos e conectores, para os pontos de alimentação, passando pelo controlador de carga, pela bateria e pelo conversor (Figura 23).

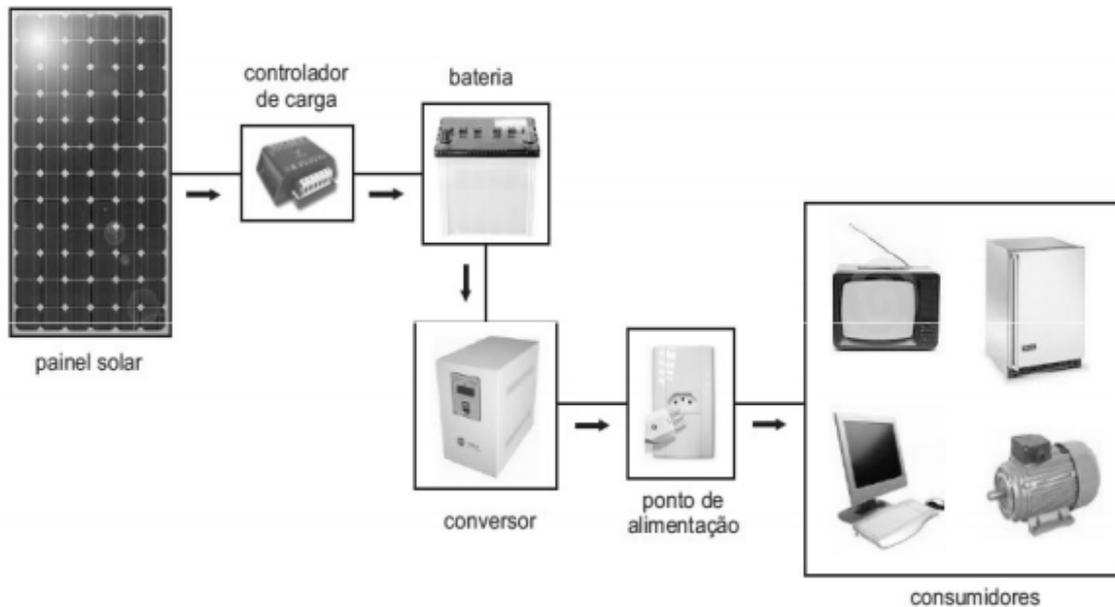


Figura 16: *Funcionamento Painel Fotovoltaico*. Fonte: Vila, 2013

As vantagens do sistema consistem em:

- Energia limpa;
- Fácil Manutenção;
- Uma vez instalada, é relativamente barata;
- Não há necessidade de se alterar o meio para sua instalação;

As desvantagens do sistema são:

- Pouca eficiência (demora muito para se pagar);
- Exige uma geração secundária, caso a intensidade luminosa não seja suficiente;
- Os painéis possuem alta energia embutida (EE)<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> Explicado no próximo capítulo.

### 2.3.1.2 Building Integrated Photovoltaics (BIPV)

O *Building Integrated Photovoltaics* compreende um grupo de tecnologias fotovoltaicas no qual o produto é construído juntamente com o prédio e pode substituir materiais como telhas, janelas, brises, pergulados e até materiais de piso (Figura 26). Os materiais BIPV possuem a mesma estrutura e as mesmas características físicas dos convencionais. Portanto, sua função primordial é ser parte do edifício; a geração de energia é uma função secundária (GALITEV, 2013). Podem, como dito, substituir elementos construtivos, gerando economia de materiais, ou ser instalados depois que o edifício está pronto (HESPUL, 2013).

De acordo com a empresa Onyx Solar (2013), esse sistema pode ser implantado em vidros com opacidades, formas, laminações e cores variadas (Figura 27) e tem seus tamanhos adaptados às medidas padrões de construção (ou podem ser feitos sob medida), proporcionando uma maior gama de escolhas estéticas. Ainda pode ter suas propriedades técnicas, como potência e voltagem customizadas.

Adicionalmente, o *Building Integrated Photovoltaics* além de contribuir com propriedades ativas dos edifícios (energia fotovoltaica), é capaz de contribuir também com as propriedades passivas, como conforto térmico e acústico, luz natural e filtros seletivos às radiações solares indesejadas, o que permite um melhor funcionamento do edifício e reduz o consumo energético relacionado à climatização e iluminação artificial (PARET, 2013). Para isso podem ser instalados, por exemplo, como brises, coberturas e fachadas duplas (Figuras 24 e 25).

O sistema completo inclui (WBDG, 2011):

- Módulos fotovoltaicos;
- Controlador de carga, para regular a potência dentro e fora da bateria;
- Sistema de armazenamento de energia (composto pela rede elétrica ou por baterias autônomas);
- Conversor e Inversor;
- Gerador independente, que supra a demanda na falta de energia solar;
- Estrutura e fiação.



Figura 17: BIPV aplicado em coberturas e brises . Fonte: Onyx, 2013



Figura 18: BIPV aplicado em fachadas . Fonte: Onyx, 2013

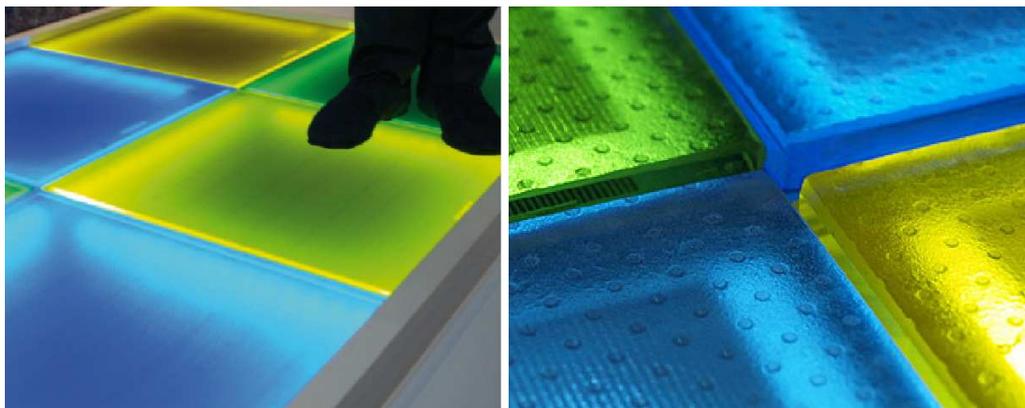


Figura 19: BIPV aplicado em pisos . Fonte: Onyx, 2013



Figura 20: BIPV cores e transparência . Fonte: Onyx, 2013

### 2.3.1.3 Energia Eólica

Na escala residencial, o sistema é comercializado por empresas como a Enersud e pode ser adquirido a partir de R\$ 3.000,00. De acordo com Luiz Sampaio,

diretor da Enersud, em reportagem na Globo News (Dezembro de 2011), com esse valor, é possível comprar um aparelho que gera, em média, 400W. Apesar disso, o sistema eólico, segundo SCHMID (2013), não é aconselhável para a implantação em um projeto mínimo residencial, por ser bastante complicado e incerto. Apesar disto, será estudado aqui de forma sucinta.

Os aero geradores absorvem parte da energia cinética do vento, a qual é convertida em energia mecânica e depois elétrica, através de um gerador elétrico acoplado (VILA, 2013).

Existem três tipos de turbinas, sendo duas delas com eixo horizontal e outra com eixo vertical. As pequenas turbinas, objetos de estudo na presente pesquisa, podem gerar até 30kW e são encontradas no mercado para o uso residencial na tipologia em eixo horizontal.

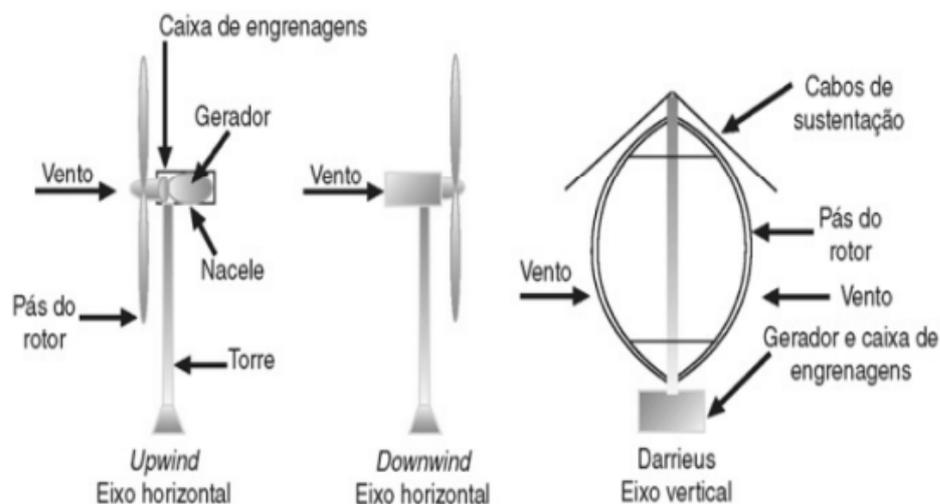


Figura 21: Padrões Turbinas Eólicas. Fonte: Vila, 2013

Segundo SAMPAIO (2011), as turbinas transmitem, através de cabos, a energia captada para o controlador. A energia, então, é armazenada nas baterias e depois passa pelo inversor para ser distribuída pelos pontos de alimentação.

O aproveitamento da energia dependerá da altura e do tamanho das pás, da incidência dos ventos na região, bem como do tipo de entorno da edificação (se é plano, qual o tipo de vegetação que há, se é área urbana ou rural, distância dos elementos verticais, etc.). Para cada caso, deverá ser calculado o rendimento e a produção de energia, para verificação de sua viabilidade.

As vantagens das turbinas de eixo horizontal são:

- Controle de velocidade devido ao ajuste do ângulo de passo;
- Desenvolvimento tecnológico;
- Grandes alturas, maiores velocidades de ventos;
- Alta eficiência, devido à perpendicularidade dos ventos.

As desvantagens das turbinas de eixo horizontal são:

- Dificuldade na instalação (devido à altura);
- Dificuldade no transporte;
- Exigência de um sistema de controle para o giro das pás em direção ao vento;
- Construção complexa da torre para apoiar o peso das pás e do cubo.

### 2.3.2 Suprimento de água

A independência das redes de abastecimento de águas municipais também é de fundamental importância para a viabilização da proposta da presente pesquisa. Por esse motivo, serão estudados métodos de captação e gestão alternativas.

Segundo OLIVEIRA e ILHA (Selo Casa Azul, 2010), na construção civil, o correto planejamento de três fatores é fundamental para uma boa gestão da água: o suprimento de água potável, a gestão de águas pluviais e o esgotamento sanitário.

#### 2.3.2.1 Redução do Consumo de Água Potável

A redução do consumo de água potável está associada com a captação e uso de águas pluviais e pode ser efetuada de quatro formas, usadas preferencialmente de maneira integrada (OLIVEIRA, ACQUA, 2007). A primeira delas, é limitar o uso da água potável a atividades relacionadas à alimentação - como cocção e lavagem de alimentos - e à higienização corporal - como banho, higienização bucal, lavagem de roupas, etc. A segunda forma consiste na instalação de componentes economizadores de água, como bacias sanitárias com menor volume de descarga e torneiras reguladores de vazão e arejadores. A sensibilização dos usuários e a verificação do consumo de água, a fim de limitar os desperdícios e vazamentos, são

as outras duas maneiras que influenciarão positivamente no processo. (OLIVEIRA, 2007).

### 2.3.2.2 Captação e Gestão de Águas Pluviais

O sistema de captação da água da chuva, além de ser uma alternativa independente dos sistemas de fornecimento público, promove a redução da vazão de descarga para o sistema de drenagem urbana, diminuindo as chances de seu saturamento e consequentes alagamentos (Selo Casa Azul, 2010). É um sistema que possibilita que o usuário armazene a água que se precipitou sobre o edifício para futuros usos. Em Curitiba, este recurso, além de regulamentado na legislação, se mostra bastante eficiente, devido ao alto índice de precipitação, como conclui Jéssica Kimie Akishino em sua pesquisa realizada em 2009.<sup>9</sup>

Segundo Fendrich (2002), a água da chuva, se purificada por tratamento simples, será potável ao consumo, quando a área de coleta é o telhado ou outras superfícies não usadas por pessoas ou animais. Caso haja somente o uso do filtro, a água poderá ser utilizada para fins não potáveis.

O sistema é formado pela área de captação (usualmente o telhado), que deve guiar a água para os componentes de transporte (calhas e condutores), os quais a levarão ao reservatório, passando ou não pelas unidades de tratamento, que são opcionais em edifícios residenciais, como mostra a figura 25 (Harvesting, 2010).

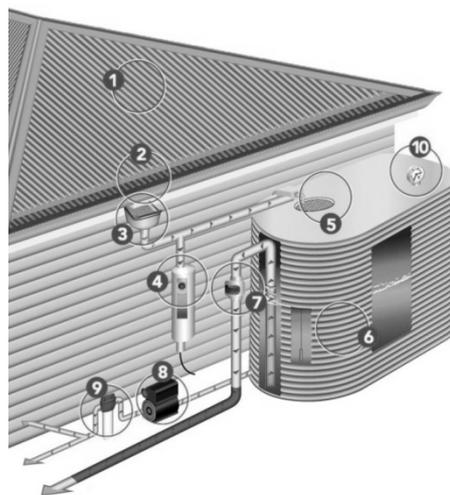


Figura 22: *Sistema de Captação de Águas Pluviais*. Fonte: Guia de produtos Harvesting, 2010<sup>10</sup>

<sup>9</sup> Investigação do Índice Pluviométrico em Curitiba-PR, entre 1924 e 2008. XIV SICITE - UTFPR - Engenharia Civil.

<sup>10</sup> 1. O telhado deve possuir uma superfície adequada para a coleta de água da chuva com qualidade.  
2. Os tubos e as conexões na parte inferior da calha devem estar desobstruídos para permitir o

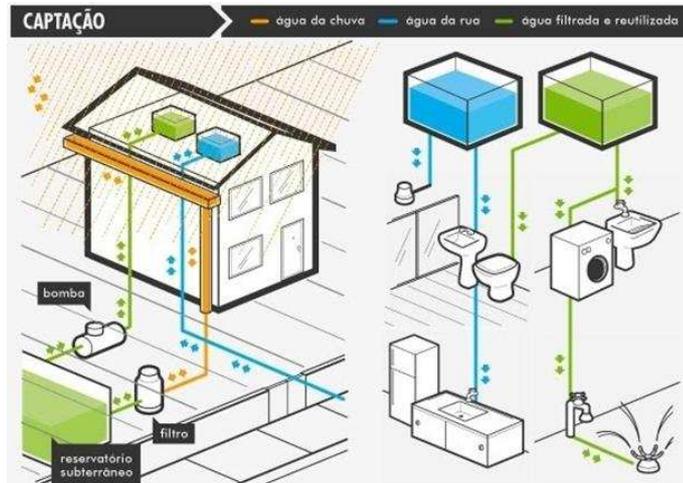


Figura 23: Reaproveitamento de águas pluviais. Fonte: Ecosan, 2010

A figura acima ilustra a trajetória das águas pluviais (cor alaranjada) até o filtro, onde se torna apta para a utilização doméstica (cor verde). As águas advindas da rede pública estão representadas na cor azul.

### 2.3.3 Tratamento de resíduos

De acordo com a Lei n. 11.445 (BRASIL, 2007), "o esgotamento sanitário é constituído pelo conjunto de infraestrutura e sistemas operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento no meio ambiente". O esgoto sanitário gerado por uma edificação pode ser conectado diretamente com a rede municipal de esgotamento ou pode possuir um sistema local de tratamento.

Segundo a NBR 13969 (ABNT, 1997), para ter uma estação de tratamento local, o ideal é que haja uma redução substancial na quantidade de água utilizada na edificação como um todo, pois quanto mais concentrado é o esgoto, mais fácil é o seu processo de depuração.

---

correto fluxo da água. 3. Separadores de folhas evitam a entrada de elementos indesejáveis como insetos, folhas e ramos de árvores. 4. Separador de fluxo que impede que a água mais suja entre no reservatório. 5. Tela na entrada do tanque, age como os separadores de folhas. 6. O tanque deve ser dimensionado para cada edificação, considerando o período de chuvas e a quantidade de água desejada. 7. Tubulação de transbordamento, com tela contra insetos e válvula de refluxo. 8. Sistema de bombas adequado para a distribuição da água para uso dentro ou fora da edificação (quando necessário). 9. O filtro de água da chuva ajuda a reduzir o sedimento residual, a cor e o odor. 10. Indicador de nível auxilia no monitoramento do nível de água e do seu uso.

Após tratado, os esgotos das unidades mínimas poderão ser reutilizados para fins não potáveis, tais como: lavagens de pisos e calçadas, irrigação de jardins e pomares, descargas nos banheiros, etc (NBR 13969).

Os esgotos serão submetidos à diferentes tratamentos, com graus químicos distintos, de acordo com a origem e destino de cada porção. Águas advindas da máquina de lavar roupas poderão ser reutilizadas diretamente nos vasos sanitários, sem necessidade de tratamento.

Entretanto, espera-se utilizar o método da compostagem para resíduos advindos de restos de comida ou de vasos sanitários. Esse procedimento, além de dispensar o uso de tubulações e economizar água, ainda evitará o despejo de resíduos poluentes em locais indesejados. O material resultante poderá ser usado como fertilizante ou devolvido à natureza.

Como resultado final, para o funcionamento do sistema, será necessária a implantação do vaso sanitário específico, da caixa de compostagem, do reservatório de águas cinzas, da estação de tratamento e do reservatório de águas tratadas.

## 2.4 SISTEMAS CONSTRUTIVOS

### 2.4.1 Materiais

Os materiais empregados na construção civil causam impacto ambiental desde a fase de fabricação até sua reciclagem, ou seja, durante todo seu ciclo de vida. Nesse período, eles podem mudar sua composição natural, por vias naturais ou artificiais, deixando, muitas vezes a saúde dos usuários em risco (Vanderley M. John, Selo Casa Azul, 2010). Esses materiais, além disso, contribuem significativamente para as variações climáticas devido aos processos térmicos e químicos de suas fabricações, os quais resultam, principalmente, na emissão de CO<sub>2</sub>.

Todos os materiais apresentam algum tipo de impacto durante seu ciclo, restando aos profissionais da área a análise desses impactos e a escolha do melhor material para cada situação, de acordo com alguns critérios. Para fins da presente pesquisa, foram selecionados alguns dos critérios apresentados por pesquisadores, julgados de maior influência: Energia embutida, Durabilidade e Manutenção.

#### 2.4.1.1 Durabilidade e Manutenção

A vida útil de cada produto depende fundamentalmente das condições de uso que eles serão expostos, considerando-se tanto clima e microclima quanto a interação com o usuário e com outros materiais da obra, estas últimas controladas diretamente por decisões de projeto. Além disso, é preciso considerar também a qualidade do produto, que varia de acordo com o fornecedor escolhido, devido aos diferentes processos de fabricação, bem como com a matéria prima (Fundação Universidade de São Paulo - FUSP, 2010).

#### 2.4.1.2 Energia Embutida (EE)

A energia embutida é o somatório de toda a energia que foi despendida para a existência, funcionamento e reciclagem de cada produto ou sistema. Ou seja, considera-se a energia gerada nas fases pré-operacional, operacional e pós-operacional, como ilustrado na tabela a seguir.

FASE	ETAPAS	SIGLA	DESCRIÇÃO
Pré – operacional	1	$EE_{mat}$	Prospecção, fabricação e transporte de insumos
	2		Fabricação dos materiais de construção
	3	$E_{tr.mat}$	Transporte dos materiais de construção
	4	$E_{eq.obra}$	Energia consumida por equipamentos na obra
	5	$E_{tr.obra}$	Transporte dos trabalhadores até a obra
	6	$E_{disp}$	Desperdício de materiais
	7	$E_{tr.disp}$	Transporte do desperdício
Operacional	8	$EE_{manut}$	Reposição de materiais
	9	$E_{equip}$	Energia consumida por equipamentos eletrodomésticos
	10	$E_{coocção}$	Energia para cocção de alimentos
Pós – op.	11	$E_{dem}$	Demolição e remoção dos resíduos
	12	$E_{tr.dem}$	Transporte do material demolido

Tabela 2: Dr. Sérgio Fernandes Tavares. *Análise do Ciclo de Vida das Edificações*, 2013

Segundo material de aula ministrada pelo Professor Doutor Sérgio Fernando Tavares<sup>11</sup>, na Universidade Federal Tecnológica do Paraná TAVARES, a redução do consumo energético referente aos materiais construtivos dependerá de algumas atitudes, nem sempre combinadas, tais como:

- Redução do volume de materiais utilizados nas obras;
- Uso de materiais com menor consumo energético por kg e por volume;
- Uso de materiais produzidos com recursos renováveis;
- Escolha de materiais com maior durabilidade na perspectiva da EE de manutenção;
- Técnicas construtivas que reduzam o desperdício, o qual gira em torno de 20% da EE inicial;
- Escolha de materiais com maior potencial de reuso, reaproveitamento ou reciclagem;
- Avaliação do transporte utilizado e da distância percorrida na entrega destes materiais.

O aço, material de grande durabilidade, possui energia embutida inicial de, em média, 30MJ/kg - mais alta do que muitos materiais, como visto na tabela 3.

<sup>11</sup> Arquiteto, Doutor em Engenharia Civil pela UFSC e Professor de graduação (UFPR) e de pós-graduação (UTFPR). Dado obtido em aula de Curso de Especialização em Construções Sustentáveis.

Porém, ele pode durar mais de 300 anos em um edifício residencial, ambiente onde o índice de corrosão é muito baixo (Durability of Cold Formed Steel Framing Members, American Iron and Steel Institute, 1996). Além disso, é um material que exige pouca manutenção e é completamente reciclável.

A madeira, diferente do aço, pode possuir uma energia inicial de 0,50MJ/kg e ser também completamente reciclável. Porém sua vida útil é bastante variável, pois depende da espécie e do tratamento utilizado (Cerne, Lavras, 2008). A manutenção de uma obra em madeira, ainda, é mais recorrente do que em uma obra com estrutura em aço.

MATERIAIS	EE (MJ/kg)	EE (MJ/m <sup>3</sup> )	MATERIAIS	EE (MJ/kg)	EE (MJ/m <sup>3</sup> )
Aço - laminado CA 50A <sup>1</sup>	30,00	235500,00	Granito - aparelhada	2,00	5400,00
Alumínio Ingote <sup>1</sup>	96,20	265140,00	Lã mineral	19,00	2090,00
Areia	0,05	80,00	Latão	80,00	68240,00
Argamassa - mistura	2,10	3906,00	Madeira - aparelhada seca forno	3,50	21000,00
Brita	0,15	247,50	Madeira - aparelhada seca ar livre	0,50	300,00
Cal virgem	3,00	4500,00	Mármore	1,00	25500,00
Cerâmica - bloco de 8 furos <sup>1</sup>	2,90	4060,00	Placa de gesso	4,50	4500,00
Cerâmica - branca	25,00	52075,00	Poliestireno expandido	112,00	44800,00
Cerâmica - revest, monoqueima <sup>1</sup>	5,10	10456,66	Polietileno de alta densidade	95,00	90250,00
Cimento Portland <sup>1</sup>	4,20	8190,00	Solo-cimento - bloco	0,60	10200,00
Cobre	75,00	669975,00	Solvente - tolueno	67,90	74690,00
Concreto - bloco de vedação	1,00	2300,00	Tinta acrílica	61,00	79300,00
Concreto simples	1,20	2760,00	Tinta óleo	98,10	127530,00
Fibrocimento - telha	6,00	9600,00	Tinta PVA latex	65,00	84500,00
Fio termoplástico	83,00	201690,00	Tubo - PVC	80,00	104000,00
Gesso	4,00	5720,00	Vidro plano	18,50	46250,00

Tabela 3: SCHEUER & REPPE. *Análises Energéticas*. 2003

Como visto, a energia embutida está diretamente ligada com a vida útil do material. Por esse motivo, conclui-se que a atitude mais sustentável nem sempre é escolher o material menos industrializado, pois a baixa energia embutida inicial pode não ser compensada quando somada à sua vida útil. O equilíbrio entre esses dois fatores, combinado com a análise de cada obra (função, atividades pretendidas, etc.) vai propiciar uma escolha adequada do material a ser utilizado.

## 2.4.2 Racionalização Construtiva

"Racionalização construtiva é um processo composto pelo conjunto de todas as ações que tenham por objetivo otimizar o uso de recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnológicos, temporais e financeiros disponíveis na construção em todas as suas fases." (Sabbatini, 1989).

A racionalização construtiva, como definido por Sabbatini em sua tese de doutorado (1989, p. 336), tem como objetivo a otimização da obra como um todo, evitando todos os tipos de perda, desde material até temporal. Essa racionalização construtiva se baseia em pontos como a industrialização da construção e o adequado gerenciamento de obras e de resíduos.

### 2.4.2.1 Industrialização da Construção

A industrialização da construção é importante para o presente trabalho pois, além de ser sustentável, possibilita a criação de um protótipo que possa ser reproduzido quantas vezes for necessário, sem perder a qualidade, podendo, ainda, ser transportável e flexível.

Segundo a ABCIC (Associação Brasileira de Construção Industrializada de concreto), a construção industrializada apresenta benefícios, tais como: modernidade, versatilidade, durabilidade, normalização com a legislação vigente, velocidade de conclusão de obra, qualidade, confiança, regularidade dimensional, desenvolvimento sustentável e integração com outros sistemas.

Adicionalmente, os materiais básicos pré-fabricados costumam apresentar menores perdas do que os que são produzidos e preparados no canteiro de obras, o que os torna, além de mais sustentáveis, mais econômicos do ponto de vista custo e benefício (ANDRADE, 1998). É importante ressaltar que isso só é válido quando as fábricas trabalham em condições e infraestrutura adequadas, bem como com o correto uso e composição dos materiais.

Para Duarte (1982), um sistema construtivo que possui um elevado nível de industrialização, apresenta os conceitos de padronização, componentização, pré-fabricação e coordenação dimensional e modular, os quais facilitarão a obra.

- Padronização: é o processo onde produtos ou partes deles são produzidos com o objetivo de serem iguais e apresentarem os mesmos padrões de qualidade, tamanho, forma, resistência, etc.
- Componentização: separação entre sistemas, ocasionando em subsistemas. Assim, haverá uma independência construtiva entre eles, os quais poderão sofrer alterações sem prejudicar os demais.
- Pré-fabricação: é a produção antecipada de peças ou elementos construtivos, em fábrica ou em canteiro de obras. Essas peças e elementos ficam prontos para uma montagem rápida no local da construção.
- Coordenação dimensional: diretriz de projeto que faz com que as medidas dos componentes sejam iguais ou proporcionais entre si.
- Coordenação modular: diretriz de projeto que estipula que todas as dimensões do projeto tenham como unidade básica um módulo definido.

Por outro lado, MELHADO (1994) afirma que a racionalização construtiva pode ser aplicada em qualquer método, processo ou sistema construtivo, sendo necessária apenas a adoção de medidas de padronização de componentes e materiais, bem como a simplificação das operações.

Um edifício construído industrialmente, porém, tem um custo mais elevado e apresenta maiores riscos (referentes à padronização, especialização de mão de obra, concentração e mecanização). Mesmo assim, o risco com padronização é sempre relativamente baixo, reduzindo levemente com o aumento do desenvolvimento, como visto no gráfico a seguir (TERNER;TURNER, 1972 apud DUARTE, 1982).

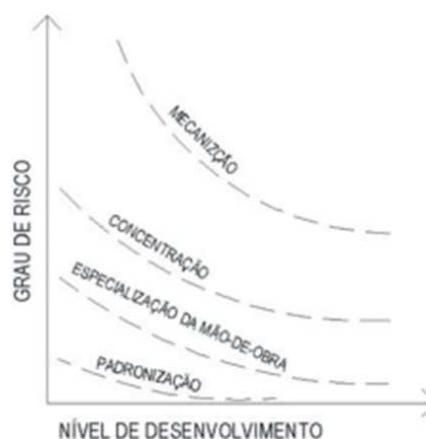


Gráfico 1: *Riscos da Padronização*. Fonte: TERNER; TURNER, 1993

Além disso, de acordo com GANN; SENKER (1993), a falta de planejamento na fase inicial do projeto, bem como de detalhamento, pode acarretar problemas de interface entre componentes. Eles enfatizam ainda que o treinamento apropriado dos trabalhadores também é de fundamental importância para o sucesso da obra. Outras desvantagens dos sistemas, segundo GANN; SENKER (1993) são apresentadas na tabela a seguir.

- existem limitações para os projetos com utilização de elementos modulares;
- as construções modulares necessitam de projetos prévios e requerem fabricação fora do canteiro de obras. Os elementos devem ser projetados antecipadamente e os projetos não podem ser mudados
- deve-se deixar espaços para instalações. Se as instalações atrasarem, podem ocorrer conseqüências adversas em trabalhos subseqüentes;
- problemas com instalações e conexões em módulos podem inibir o uso. Por exemplo, variações podem ocorrer entre componentes feitos em obras e em fábrica e falta de projetos podem dificultar a instalação;
- usualmente, não é possível estocar elementos em canteiro de obras, sendo necessário o posicionamento dos mesmos no momento da entrega. Isto requer um planejamento rigoroso da entrega em conjunto com o cronograma de obra;
- os consumidores costumam ser conservadores e resistentes em relação a novas tecnologias de sistemas construtivos.

Tabela 4: GANN; SENKER. *Fatores que inibem o uso de técnicas de pré-fabricação*. Fonte: Avaliação de Sistemas Construtivos para Habitações de Interesse Social, 2004

#### 2.4.2.2 Gestão de Resíduos (RCD)

A deposição clandestina de resíduos provenientes das construções ou demolições, segundo JOHN (Selo Casa Azul, 2010), causa grande impacto ambiental, pois além de ocupar espaço físico, contribui para a degradação da cidade, provoca o assoreamento de córregos, o entupimento de redes de drenagem, facilita a proliferação de vetores e causa custos ao governo (no que é referente à limpeza e remoção desses entulhos), prejudicando, assim, investimentos e a condição de vida da sociedade.

Segundo resolução do Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente, n 307), os responsáveis pelos resíduos da construção civil são os próprios geradores, os quais deverão ter, como objetivo primordial, a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final dos mesmos.

De acordo com JOHN (2010), a não geração e a redução da produção de resíduos durante as obras são conseguidas através da otimização das estratégias de construção como, por exemplo, com o uso de materiais pré-fabricados e com a criação de planos de gestão de resíduos para cada empreendimento. O reuso de materiais, como peças de demolição ou mesmo fôrmas e escoras reaproveitadas em várias obras, também fazem parte deste processo. Os resíduos podem ir ainda para

a reciclagem, a qual reduz o impacto ambiental referente à extração e, algumas vezes, o impacto referente à fabricação, como é o caso dos metais reciclados e dos cimentos contendo cinzas volantes e escórias de alto-forno (John, 2010).

#### 2.4.3 Estudo da Madeira e do Aço

As casas podem ser construídas por diversos sistemas construtivos, desde sistemas de baixa tecnologia, como taipa de pilão e pedra, até sistemas de alta tecnologia e industrialização. Levando-se em consideração todo o material estudado no capítulo 2.6.2, com o objetivo de se produzir habitações sustentáveis, reproduzíveis, transportáveis e acessíveis economicamente, foram selecionados dois materiais que guiarão a escolha da estrutura em fase posterior: a madeira e o aço. O quadro resumido de suas vantagens e desvantagens encontra-se em apêndice.

##### 2.4.3.1 Madeira

A madeira é um material que apresenta inúmeras vantagens, principalmente quando comparada com os materiais dos edifícios convencionais, como a alvenaria. Para a análise dos aspectos positivos e negativos, foram tidos como referência o livro Wood Houses (2009), a tese de doutorado de LAROCCA (2007) e o trabalho final de graduação de IWAKIRI (2010).

- I. Aspectos positivos da madeira:
  - a. FUNDAÇÃO REDUZIDA: o peso reduzido da madeira em relação a materiais convencionais, diminui as fundações e escavações. Por consequência, o descarte de terras e o gasto com transporte são minimizados. O eucalipto, por exemplo, que é uma árvore de reflorestamento do estado do Paraná, pode chegar a uma densidade de  $0,75\text{g/cm}^3$  (SCHLEIFER, 2009).
  - b. ISOLAMENTO TÉRMICO: Segundo SCHMID (2005), a madeira é um material de baixa condutividade térmica e, portanto, um bom isolante térmico. Isso acontece porque tem baixa densidade e contém ar encapsulado. Além da madeira, a lã e a cortiça também são bons isolantes.

- c. BAIXA ENERGIA EMBUTIDA: Como já visto anteriormente<sup>12</sup>, o conteúdo energético da madeira é mínimo, dependendo apenas de fatores como tipo de extração, cortes e tratamento (AQUA, 2007).
  - d. ECONOMIA DE TEMPO DE CONSTRUÇÃO: Estruturas em madeira podem chegar às obras pré-cortadas ou pré-fabricadas<sup>13</sup>, o que acarreta uma diminuição do tempo despendido em canteiro. Segundo IWAKIRI, 2010, o tempo de construção de uma obra em madeira pode chegar à 1/3 do tempo necessário para a conclusão de uma obra em alvenaria convencional. Dependendo do caso, as peças podem vir soltas para a obra ou podem formar painéis inteiros, produzidos em fábrica, agilizando ainda mais o processo de montagem.
  - e. REDUÇÃO DE RESÍDUOS: Como visto anteriormente<sup>14</sup>, sistemas pré-fabricados têm desperdício mínimo no canteiro de obras.
  - f. RESISTÊNCIA AO FOGO: Apesar da madeira ser altamente combustível, devido ao fato de ser composta basicamente de carbono e hidrogênio, sua baixa condutibilidade térmica somada ao seu alto teor de umidade, oferecem uma alta resistência ao fogo (IWAKIRI, 2010).
  - g. RECICLABILIDADE: a madeira é um material reciclável e biodegradável. Com isso, dificilmente afeta o meio ambiente ao fim do seu ciclo de vida (Schleifer, 2009).
  - h. CUSTO REDUZIDO: Seu custo costuma ser inferior aos de materiais convencionais, como aço e cimento (Schleifer, 2009).
- II. Aspectos negativos da madeira
- a. ISOLAMENTO ACÚSTICO: A madeira, por ser um material leve e poroso, tem pouco isolamento acústico. Assim, Laroca (2002), recomenda que sejam utilizadas câmaras de ar nas edificações, ou seja, sejam feitas paredes duplas. Pode-se ainda acrescentar isolantes, como lã de vidro, para melhor eficiência do sistema.

---

<sup>12</sup> Capítulo 2.6.2.2 Energia embutida (EE)

<sup>13</sup> Capítulo 2.6.3.1 Industrialização da Construção

<sup>14</sup> Capítulo 2.6.3.2 Gestão de Resíduos (RDC)

- b. DURABILIDADE: Como já citado<sup>15</sup>, a durabilidade da madeira dependerá do uso e das especificações do material na fase de projeto. Para uma maior durabilidade, porém, a madeira necessita de tratamentos específicos. Cuidados como a escolha da espécie adequada para cada caso e o correto detalhamento das peças a fim de evitar contato com o solo e com a água são necessários (CTBA apud BITTENCOURT, 1990).
- c. ESPÉCIES: As madeiras produzidas no estado do Paraná através do reflorestamento são, em grande maioria, da espécie Pinus (*Pinus spp.*) e Eucalipto (*Eucalyptus spp.*). Essas espécies, apesar de mais acessíveis economicamente, são pouco nobres e suas resistências muitas vezes não são suficientes para determinados fins (IWAKIRI, 2010). Além destas, a madeira Bracatinga (Mimosa Scabrella), segundo Berriel (apud IWAKIRI, 2010), se apresenta como alternativa viável para a produção de peças estruturais para a construção civil no estado. Isso porque, além de ser matéria-prima local, possui resistência a ataques de xilófagos.
- d. COMPACIDADE ESTRUTURAL: a madeira demanda um volume relativamente grande para vencer determinados vãos e cargas. Isso fica bastante evidente quando comparado com o aço.

MADEIRA	
ASPECTOS POSITIVOS	ASPECTOS NEGATIVOS
Fundação reduzida	Baixo isolamento acústico
Alto isolamento térmico	Durabilidade reduzida
Baixa energia embutida (EE)	Espécies
Economia de tempo na construção	Compacidade estrutural
Redução de resíduos	
Resistência ao fogo	
Reciclabilidade	
Custo reduzido	

Tabela 5: Pontos positivos e negativos da madeira. Fonte: da autora, 2013

#### 2.4.3.2 Aço

O aço, assim como a madeira, traz diversos benefícios quando empregado. Porém, devem ser analisados ambos os aspectos positivos e negativos, como apresentados a seguir. A análise foi feita de acordo com dados retirados da Revista

<sup>15</sup> Capítulo 2.6.2.1 Durabilidade e Manutenção

Arquitetura & Aço (2012), do Centro Brasileiro da Construção e Aço (CBCA), da dissertação de mestrado de Sara Neves (2011), e da dissertação de pós-graduação de César Mello, 2004.

I. Aspectos positivos do aço

- a. FUNDAÇÃO REDUZIDA: neste aspecto, o aço possui os mesmos benefícios da madeira devido à redução do peso de suas estruturas. A economia, segundo o CBCA (2013), pode alcançar até 30%.
- b. ECONOMIA DE TEMPO DE CONTRUÇÃO: o aço, quando utilizado como principal elemento construtivo, é pré-fabricado e chega ao canteiro pronto para a montagem. Assim como a madeira, pode ser trazido em forma de peças soltas ou painéis inteiros, dependendo de cada caso.
- c. REDUÇÃO DE RESÍDUOS: como a madeira, a pré-fabricação em aço reduz os resíduos de obra<sup>16</sup>.
- d. USO DE COPRODUTOS: os coprodutos resultantes durante a produção do aço podem ser reaproveitados na fabricação de outros materiais. Os agregados siderúrgicos podem ser utilizados na produção do cimento, na pavimentação de vias, no lastro ferroviário, na correção do PH do solo, na composição de fertilizantes, entre outros (CBCA, 2013).
- e. COMPACIDADE ESTRUTURAL: devido à alta resistência do aço, a estrutura necessária para uma determinada carga ou vão possui um volume reduzido em relação a outros materiais.
- f. DURABILIDADE: o aço apresenta uma grande durabilidade. Como visto anteriormente, pode durar mais de 300 anos em um edifício residencial<sup>17</sup>.
- g. RECICLABILIDADE: o aço pode ser reciclado em sua totalidade sem perder nenhuma de suas qualidades. Isso acontece devido às suas propriedades magnéticas que facilitam a separação de outros materiais.

II. Aspectos negativos do aço

- a. ISOLAMENTO TÉRMICO: O aço, devido à sua densidade e massa, não tem um bom desempenho como isolante térmico. Além disso, é um

---

<sup>16</sup> Seção 2.6.3.1 Industrialização da Construção

<sup>17</sup> Seção 2.5.1 Materiais

material condutor e não consegue reter o calor que é emitido em sua superfície. Por esse motivo, é aconselhável a introdução de elementos no sistema que contenham propriedades térmicas, como a lã de rocha (Neves, 2011).

- b. ISOLAMENTO ACÚSTICO: Assim como o isolamento térmico, o isolamento acústico do aço é reduzido. Isso ocorre devido a sua baixa massa, que não consegue barrar as ondas sonoras. Por esse motivo, também é aconselhável a introdução de elementos que contenham propriedades acústicas para balancear o sistema, como a lã de rocha (Neves, 2011).
- c. ENERGIA EMBUTIDA: O aço, devido à sua alta industrialização, possui uma grande energia embutida<sup>18</sup>. Porém, se utilizado de maneira correta essa energia pode ser compensada devido a todos os benefícios apresentados.
- d. RESISTÊNCIA AO FOGO: o aço a partir de certa temperatura perde suas propriedades e a sua rigidez fica comprometida, ocasionando flambamento da estrutura. Para aumentar sua resistência em caso de incêndio, é aconselhável que sejam empregados revestimentos contra fogo. Segundo a CBCA esses materiais são: Argamassas projetadas, placas rígidas e pintura intumescente. Painéis de madeira, apesar de não citados pelo órgão, podem também auxiliar no desempenho contra o fogo.
- e. CUSTO ELEVADO: segundo NEVES (2011), a construção em aço ainda possui preços pouco competitivos devido ao fato de se encontrar em fase inicial de implementação no país. Apesar disto, segundo Juan Luís Mascaró (2010), quanto maior a industrialização dos sistemas construtivos, menor é o custo com horas de mão-de-obra, mesmo que elas sejam mais especializadas. O autor ressalta também, que sistemas industrializados tendem a ter uma produtividade maior, devido à sua alta repetição.

---

<sup>18</sup> Visto em capítulo 2.6.2.2 Energia Embutida (EE)

<b>AÇO</b>	
<b>ASPECTOS POSITIVOS</b>	<b>ASPECTOS NEGATIVOS</b>
Fundação reduzida	Baixo isolamento térmico
Economia de tempo na construção	Baixo isolamento acústico
Redução de resíduos	Alta energia embutida
Uso de coprodutos	Resistência ao fogo
Compacidade estrutural	Custo elevado
Durabilidade	
Reciclabilidade	

Tabela 6: *Pontos positivos e negativos do aço*. Fonte: da autora, 2013

#### 2.4.3.3 Conclusões

Com esses dados confirma-se que não há um sistema construtivo universal que seja melhor em qualquer situação, restando analisar caso a caso. Para a casa mínima, julga-se apropriada a adoção de um sistema híbrido, no qual o aço supra a estrutura (devido à sua alta resistência e compacidade, além de maior durabilidade) e a madeira faça o fechamento (garantindo conforto termo-acústico e preços mais acessíveis).

## 2.5 CONFORTO TÉRMICO

"A arquitetura deve ser tratada como uma envoltória reguladora, permeável e controlada entre os ambientes externo e interno, considerando-se o desempenho térmico da edificação por meio de soluções adotadas em projeto e com vistas a propiciar maior conforto térmico, tanto aos moradores do empreendimento como aos do entorno imediato, a partir de uma melhor interação local entre eles." (Roberto LAMBERTS, Selo Casa Azul, 2010)

Segundo Asharae (apud Lamberts, 1997), "conforto térmico é um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa". Portanto, se o balanço das trocas de calor for igual à zero e a temperatura da pele estiver dentro de certa escala, é possível dizer que o indivíduo está em uma zona de conforto térmico. Existem muitas maneiras de propiciar conforto às pessoas pela arquitetura, tanto de modo natural como artificial. Entretanto mecanismos artificiais, como aquecedores e aparelhos de ar-condicionado, trazem custos econômicos e ao meio ambiente, tais como gastos de energia e queima de gás Carbônico (CO<sub>2</sub>). Por esse motivo, o ideal é que os edifícios se aproximem ao máximo possível da independência desses sistemas, de forma a funcionarem de maneira mais sustentável. A otimização da ventilação, da iluminação, do aquecimento e do resfriamento naturais bem como dos mecanismos de sombreamento propiciam construções mais sustentáveis e confortáveis.

### 2.5.1 Ventilação Natural

A ventilação de um edifício, além de atuar diretamente no conforto térmico de seus usuários, permite que as condições de temperatura e de umidade do ar interno se aproximem das do ar externo, além de possibilitar que sejam efetuadas trocas de gás carbônico por oxigênio (Tamanini, 2009). Na micro-arquitetura, onde a valorização da área é maximizada, é muito importante evitar perdas de espaço com equipamentos. Por isso, a ventilação por meios naturais será determinante. Os princípios bioclimáticos vão variar conforme o clima do local onde o edifício se localiza, porém, em todos os casos, os espaços exteriores devem ser amplos e, de preferência, sem barreiras edificadas, para que a distribuição dos ventos seja adequada (Lamberts, 1997). Ventilação cruzada, efeito chaminé, peitoril ventilado, e

reductor de velocidade são algumas das estratégias utilizadas para se ter um bom nível de ventilação natural.

- Ventilação Cruzada

A ventilação cruzada implica na renovação do ar por todo o volume interno de um ambiente ou edificação, uma vez que permite que o mesmo entre e saia por aberturas opostas. O fluxo do ar dependerá da incidência do vento e do posicionamento, tipo e tamanho das aberturas.

- Efeito Chaminé

O efeito chaminé acontece devido à diferença de pressão entre os ambientes externos e internos, por consequência da diferença de temperatura. Em uma casa, a temperatura interna tende a ser mais elevada devido às atividades cotidianas dos espaços, bem como ao uso dos equipamentos e eletrodomésticos. No efeito chaminé esse ar quente (menos denso), por diferença de pressão, sobe e sai por aberturas superiores dando lugar ao ar renovado e frio, que entra por aberturas inferiores (Tamanini, 2009).

- Peitoril Ventilado

Esse artifício é utilizado quando se deseja separar a função de iluminação da de ventilação, usualmente combinadas nas janelas. Ele faz com que seja possível ventilar um ambiente mesmo quando as janelas estiverem fechadas. Devido à sua posição em altura baixa esse sistema ainda auxilia no efeito chaminé.

- Redutor de Velocidade

Os redutores de velocidade têm a função de, como o nome já diz, reduzir a força com que os ventos adentram nos ambientes internos. A sua intenção é propiciar conforto ao controlar a velocidade dos mesmos. Estes elementos têm

forma, localização e tamanhos específicos, de acordo com cada situação, de protegendo os usuários dos ventos mais fortes predominantes do local. Esse efeito pode ser conseguido através de elementos como cobogós e árvores.

### 2.5.2 Resfriamento Evaporativo

O resfriamento evaporativo é um processo que consiste na redução da temperatura do ar através da evaporação da água. Pode ser direto, quando o ar é resfriado diretamente no ambiente, através de, por exemplo, vegetação ou fontes de água; ou indireto, quando ele é resfriado através do resfriamento de um dos componentes do edifício, como espelhos d'água sobre lajes de cobertura ou cortinas de água sobre fachadas (Lamberts, 1997).

### 2.5.3 Iluminação Natural

O uso correto da iluminação natural reduz o consumo de energia gasta com iluminação artificial. Em um módulo residencial com tendências à autossuficiência, essa economia de energia é determinante para um funcionamento adequado da habitação como um todo. Para isso existem alguns artifícios, tais como: prateleiras de luz, iluminação zenital e difusor de luz.

- Prateleira de Luz

A prateleira de luz vai funcionar a partir do redirecionamento da luz natural para o interior do ambiente utilizando-se de superfícies com alto índice de reflexão. Permite uma maior entrada de luz natural no ambiente sem a obstrução das vistas externas, por se localizar no alto das janelas (Tamanini, 2009).

- Iluminação Zenital

A iluminação zenital permite a entrada de luz natural em pontos com localizações diferentes das janelas, as quais ficam dispostas no perímetro da edificação. Isso permite maior flexibilização da iluminação. É importante, porém, que as zenitais sejam implantadas de forma a evitar a penetração de insolação no interior, para não superaquecer o edifício desnecessariamente. A

regulamentação de eficiência energética estipula, nesse sentido, que não sejam feitas aberturas com área maior do que 5% da área total da cobertura.

- Difusor de Luz

O difusor de luz está geralmente associado às aberturas zenitais, por ajudar a na prevenção do superaquecimento interno e criar uma luz uniformemente distribuída, de forma a não ofuscar a visão de quem usa o espaço. Seu funcionamento irá depender do tipo de material empregado (por exemplo, vidro jateado, policarbonato) e da angulação da incidência da luz solar.

#### 2.5.4 Aquecimento Solar Passivo

O aquecimento interno das construções se dá pela elevação da temperatura das superfícies e objetos opacos, os quais transformam as ondas curtas advindas do Sol em ondas longas, que aquecem o ar. A retenção de calor por parte desses objetos e superfícies dependerá de suas massas térmicas, que variam de acordo com o tipo do material. Por exemplo, as pedras retém bastante calor durante o dia, o qual é despendido muitas horas depois, garantindo o aquecimento durante a noite. Já paredes finas de *drywall* não fazem essa retenção tão duradoura (SCHMID, 2010). Além disso, de acordo com Lamberts (1997), para saber a carga térmica e o conseqüente calor armazenado em um espaço, é necessário levar em consideração a contribuição de calor não só das paredes, mas como das aberturas, dos ocupantes, da iluminação artificial, dos equipamentos e da infiltração.

Assim como a pedra, os telhados verdes costumam apresentar elevada inércia térmica, devido aos seus componentes e massa total. Além disso, possibilitam um maior resfriamento pela evapotranspiração das plantas, que usam parte da energia proveniente do Sol, diminuindo o aquecimento do ar interno e externo à edificação.

A presente pesquisa busca, entretanto, alcançar um embasamento teórico que possibilite a formulação de um módulo que possa ser adaptável à situações distintas. Por isso, sistemas naturais, não só de aquecimento, mas como também de resfriamento, serão importantes.

### 2.5.5 Proteções Solares

As proteções solares têm como função filtrar a radiação solar nas fachadas, proteger os usuários dos raios UV e diminuir o ofuscamento proveniente da luz intensa, sem barrar completamente a entrada da luz solar.

Existem vários tipos de proteções, dentre elas brises, marquises, gelsias (fechamentos vazados formados por treliças de ripas finas), muxarabis (gelsias fechadas por um pequeno balcão), venezianas e fachadas ventiladas.

## 2.6 FLEXIBILIDADE

A flexibilidade na arquitetura pode ser interpretada de diversas maneiras sendo que, cada uma delas, tem propostas e objetivos distintos. Nessa secção serão apresentadas as ramificações da flexibilidade, mas seu aprofundamento só ocorrerá nos estudos de caso.

As ramificações estudadas são: mobilidade, evolução, elasticidade (Gustau Gili Galfetti, apud KRONENBURG, 2007) e transportabilidade.

### 2.6.1 Mobilidade

A mobilidade permite modificações instantâneas em um espaço arquitetônico, de forma a facilitar a configuração da área (KRONENBURG, 2007). Assim, é possível que um mesmo espaço abrigue várias funções distintas, dependendo da disposição dos elementos arquitetônicos em cada momento.

A mobilidade é a classe que será estudada com mais profundidade na presente pesquisa, devido aos espaços reduzidos da habitação mínima. Um exemplo é o apartamento feito por Graham Hill em Nova Iorque. Além de possuir mobiliários flexíveis, como exemplificado na figura 27, o apartamento conta ainda com uma parede móvel (Figura 28).



Figura 24: *Mobiliário Flexível*. Fonte: Graham Hill



Figura 25: Graham Hill. *Parede Móvel*. Fonte: dailymail, 2013

### 2.6.2 Evolução

A evolução, assim como a mobilidade, permitirá modificações em um espaço, porém, ela diz respeito a modificações duradouras na distribuição básica de um espaço durante um longo período (KRONENBURG, 2007).

Casas e apartamentos de planta livre podem sofrer diferentes alterações durante o tempo. Um exemplo é a Casa Núcleo de Mies van der Rohe. As plantas abaixo mostram algumas das possíveis configurações de *layout* e divisórias para o mesmo espaço. Elas podem ser realizadas a qualquer momento, porém necessitam de obras e por isso só são feitas a médio ou longo prazo.

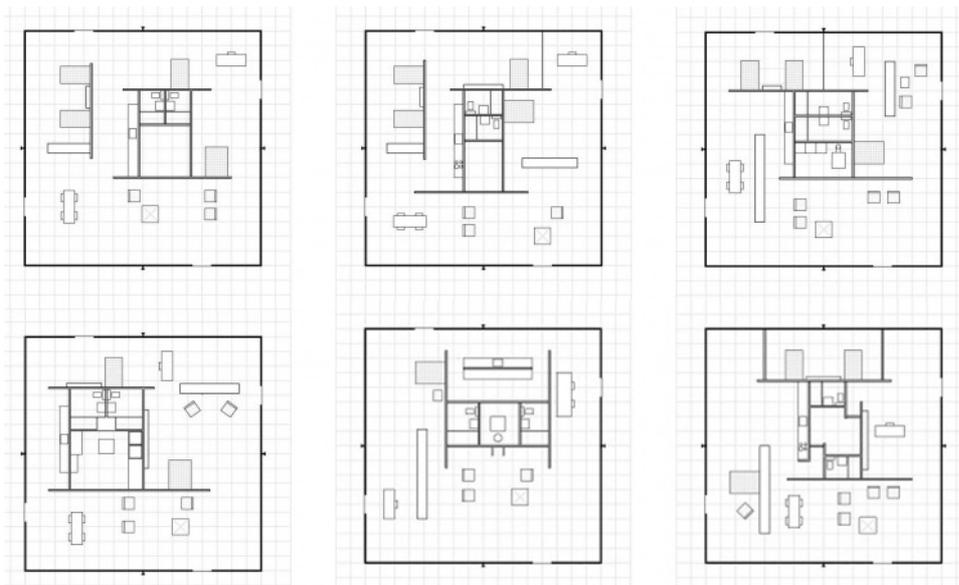


Figura 26: Mies van der Rohe. Possibilidades de layouts *Casa Núcleo*. Fonte: Arquitectos, 2011. Desenho de Luciana Fornari Colombo, baseados nos desenhos originais do arquiteto

### 2.6.3 Elasticidade

A elasticidade consiste na capacidade de ampliação e redução do espaço habitável (KRONENBURG, 2007). Geralmente feitas por sistemas mecânicos ou elétricos, as mudanças nas posições dos elementos arquitetônicos criam espaços que antes não existiam. Isso ocorre, por exemplo, na caravana De Markies e na casa Pushbutton, mostradas nas imagens a seguir. No primeiro caso, o espaço extra amplia o ambiente porém não é estritamente necessário para o funcionamento da unidade. O oposto acontece no segundo caso, o qual, apesar de ter sido feito para um cliente real, se trata de um uso de certa forma utópico, pois precisa ser inserido em um ambiente fechado ainda maior, para poder ser utilizado.



Figura 27: Eduard Bohtlingk. De Markies. Fonte: Felldesain,1985



Figura 28: Adam Kalkin. Pushbutton. Fonte: Micro Very Small Buildings, 2005

#### 2.6.4 Transportabilidade

Além das classes apresentadas pelo arquiteto Gustau Gili Galfetti, é importante acrescentar a classe da transportabilidade. Hoje em dia, muitas pessoas buscam a vida nômade, seja por necessidade ou filosofia de vida (Jay Shafer, 2010). A casa transportável não necessita de fundações permanentes e pode ser transportável com auxílio de um agente externo, como é o caso dos módulos residenciais Rolling<sup>19</sup> (Olson Kundig), ou se transportar por conta própria, como é o caso dos "motor homes".



Figura 29: Olson Kundig. *Módulos Rolling Huts*. Fonte: Revista Arquitetura Viva, 122

Na pesquisa atual, a transportabilidade representa uma característica de fundamental importância, pois permite mais possibilidades nos usos das unidades habitacionais. Ela será citada em alguns dos estudos apresentados na sequência.

---

<sup>19</sup> O módulo Rolling possui grandes rodízios ao invés de fundações, o que permite que seja transportado de uma área para outra.

### 3 ESTUDOS DE CASO

#### 3.1 MICRO COMPACT HOME (m-ch)

A m-ch (Micro Compact Home) é um módulo residencial projetado para abrigar a crescente demanda de acomodações de estadia curta, como de estudantes, executivos, atletas e turistas. Esse módulo pode ser vendido para pessoas e empresas de diferentes partes do mundo e, por isso, além de ser adaptável às diferentes topografias, possui sistemas de calefação e de resfriamento.

Essas unidades são resultado de uma pesquisa realizada pelo arquiteto e professor Richard Horden, juntamente com alguns de seus alunos, na Universidade de Munique, em 2001. O sucesso do protótipo incentivou a equipe a continuar com o projeto, para reprodução e série com a finalidade de venda. Desde então, já foram desenvolvidos pelo menos 15 modelos diferentes da m-ch.

Os módulos tem área mínima (6,76m<sup>2</sup>) e foram pensados baseando-se na filosofia da ‘casa de chá japonesa’<sup>20</sup> combinada com os conceitos de tecnologia mais avançados da época. Por isso, morar em uma m-ch significa focar-se no essencial e acreditar na filosofia “menos é mais”, tão difundida pelo arquiteto Mies van der Rohe.

##### 3.1.1 Estrutura e Implantação

Todos os m-ch possuem estrutura de madeira (Figura 33), isolamento com espuma de poliuretano e esquadrias de alumínio com vidros duplos que ajudam no isolamento acústico e térmico. Além disso, a porta possui um sistema de bloqueio duplo, o que garante a segurança dos moradores.

Eles são implantados no terreno através de uma estrutura metálica que distribui a carga entre vários apoios, os quais são fixados em blocos de concreto sob a superfície do terreno (Figura 34). Além disso, esses apoios variam de posição e altura, de acordo com a topografia. As peças são todas de alumínio e a ligação entre elas é feita por parafusos e por soldas, após receberem a pintura. As unidades podem ser instaladas individualmente ou em forma de condomínio horizontal ou vertical.

---

<sup>20</sup> Visto no capítulo 2.3.2 Habitação mínima

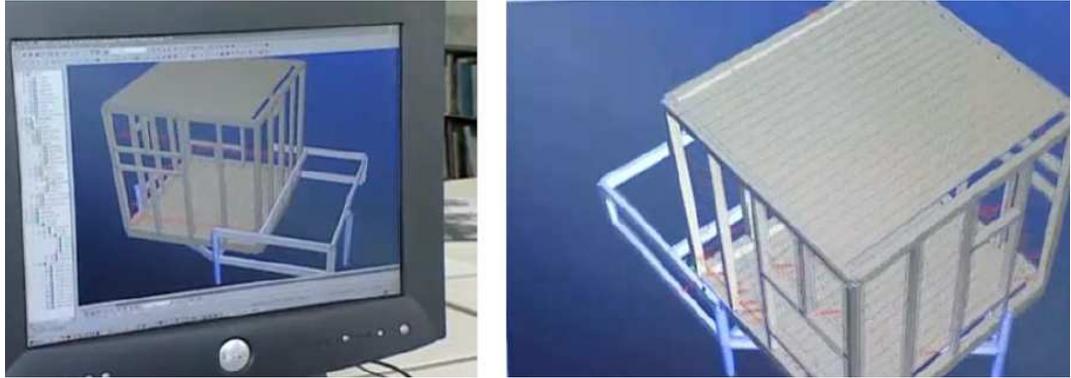


Figura 30: Sistema Construtivo m-ch. Fonte: Richard Horden, 2013



Figura 31: Implantação no terreno. Fonte: Richard Horden, 2013

### 3.1.2 Vedação e Acabamento

Cada um desses modelos possui diferentes cores e detalhes de acabamento. Porém, todos eles têm sua vedação em placas de alumínio com acabamento anodizado ou em pó de poliéster. Adesivos podem ser aplicados por fora das unidades, com propagandas de patrocinadores ou mesmo com estampas decorativas, ao gosto do cliente. Internamente, o revestimento é de PVC (Polyvinyl chloride).

### 3.1.3 Instalações

A planta da m-ch foi desenhada buscando otimizar o espaço, reduzindo as áreas ao mínimo e criando layouts flexíveis. As instalações de condicionamento do ar, bem como o depósito, ficam abaixo do piso elevado, de forma a economizar espaço em planta. A m-ch necessita de suprimento externo de energia elétrica, água e drenagem.

### 3.1.4 Aberturas

O m-ch, apesar de possuir uma área reduzida, apresenta aberturas consideráveis. Existe um módulo padrão, com a quantidade mínima de aberturas, mas o cliente pode customizar sua unidade e adicionar pequenas aberturas em lugares pré-definidos.

A disposição e o tamanho das esquadrias permite que haja uma boa circulação de ar e iluminação natural. A insolação vai variar de acordo com a implantação de cada unidade. O sistema de abertura das esquadrias é do tipo maxim-ar, o que promete uma maior segurança aos moradores.

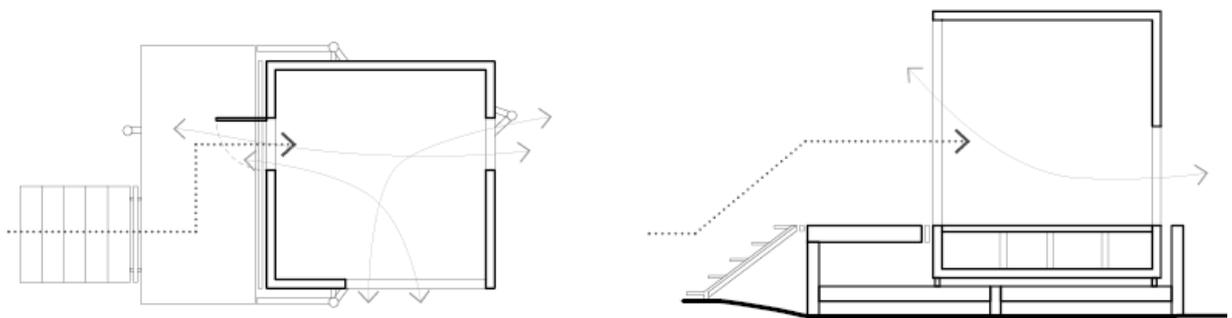


Figura 32: Richard Horden. *Acesso e circulação de ar*. Fonte: A autora, 2013

### 3.1.5 Flexibilização Interna

A entrada de cada um dos módulos, por não ser nivelada com o terreno, dá-se através de um deck, o qual é acessado por uma escada. No interior, a porta tem uma localização inusitada: abre dentro do box do chuveiro e passa do lado da bacia sanitária, sem qualquer tipo de barreira visual. Para aqueles que residem sozinhos, esse não é um problema. Passa a sê-lo quando moram duas pessoas juntas na mesma unidade, pois acaba havendo uma invasão de privacidade e perda de autonomia.

A mesa de jantar fica ao lado esquerdo de quem entra e pode ser facilmente escondida para a utilização do espaço para outras atividades. Ela fica em um nível inferior e possui um sistema que permite que seja embutida no piso.

Uma das camas se abre sobre a mesa, porém, na maior parte do tempo, fica fixada na parede na posição vertical, ampliando o ambiente (Figura 37). A outra cama é composta por três módulos: dois deles são usados durante o dia, como assento para a mesa de jantar, e o terceiro fica guardado sob o piso do banheiro (Figura 38).

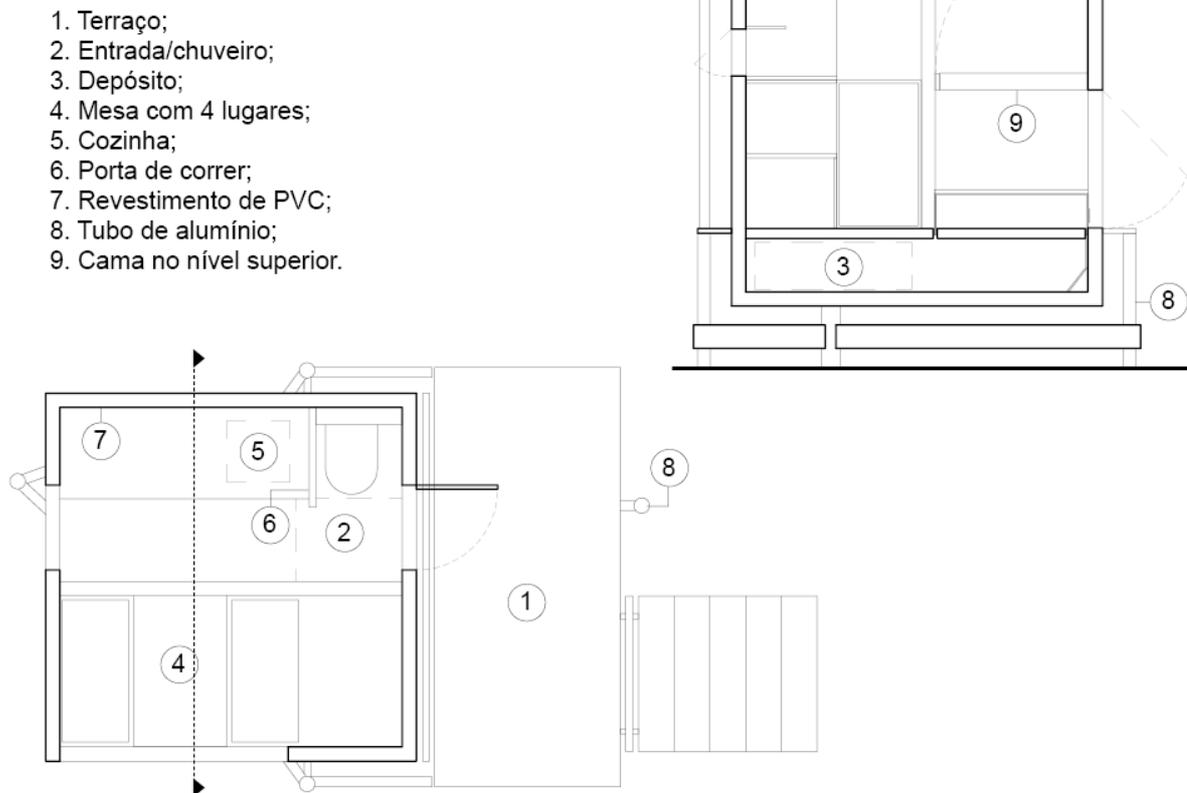


Figura 33: Richard Horden. *Flexibilização Interna*. Fonte: A autora, 2013



Figura 34: Richard Horden. *Micro Compact Home*. Fonte: MoMA Videos, 2008

A cozinha se localiza no lado oposto, desta vez no mesmo nível da circulação, e se limita ao mínimo. Possui uma pia, uma bancada, um *cooktop* e poucos armários.

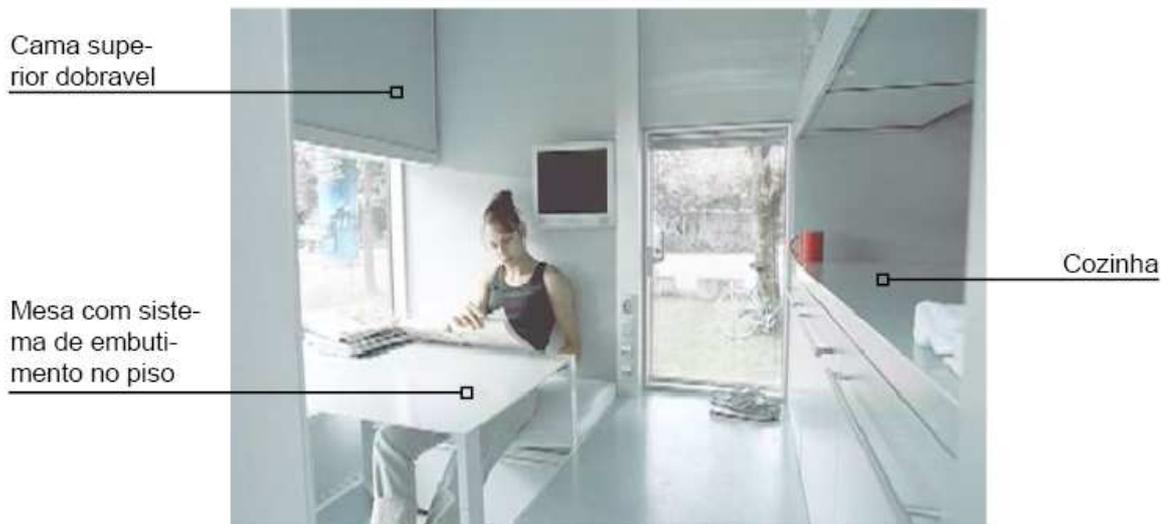


Figura 35: Richard Horden. *Funcionamento*. Fonte: Anotações da autora, 2013

### 3.1.6 Elementos mensuráveis e mensuráveis

Para que o estudo da m-ch seja finalizado, julgou-se importante a análise da sua imensuralidade. Para facilitar o processo, os tópicos foram divididos da mesma forma que no capítulo anterior.

#### 3.1.6.1 Luz

A m-ch é bem suprida de iluminação natural. Seu tamanho reduzido e suas aberturas generosas fazem com que seja um ambiente agradável e confortável. Há

também o controle dessa luz natural através de persianas, garantindo, além do conforto, mais privacidade (Figura 39).

A iluminação artificial é simples, fria e econômica (toda fluorescente), o que auxilia na percepção da limpeza visual, ao mesmo tempo em que aumenta distância entre o morador e a casa.



Figura 36: *Esquadrias*. Fonte: Richard Horden, 2013

### 3.1.6.2 Proporções

Mesmo que externamente o módulo seja um cubo perfeito, por dentro a proporção entre suas dimensões varia um pouco. Em planta suas medias continuam as mesmas (260cm, desconsiderando a espessura das paredes); porém seu pé-direito é reduzido devido ao piso elevado que é criado. Assim, o pé-direito que poderia ser de 260cm na realidade fica com 215cm, que é uma altura baixa para uma casa normal, mas totalmente aceitável e proporcional com as dimensões do módulo em questão.

Além disso, o fato de ser, externamente, um cubo, faz com que ele se aproxime da “forma perfeita” já citada anteriormente. Seu tamanho reduzido no espaço gera uma aproximação entre o morador e a casa devido à intimidade e à apropriação.

Adicionalmente, o mobiliário é minuciosamente calculado e projetado, para que o espaço seja aproveitado da melhor forma possível, mantendo a qualidade ergonômica de seus usos, como a altura da mesa e da bancada da cozinha, o espaçamento entre os assentos e a cama superior, etc.

### 3.1.6.3 Axialidade

O reconhecimento de um vínculo fica presente no posicionamento das aberturas. Ao entrar na casa, o usuário se depara com outra abertura bem na frente da porta, em parede oposta. É nesse eixo que ocorre toda a circulação interna.

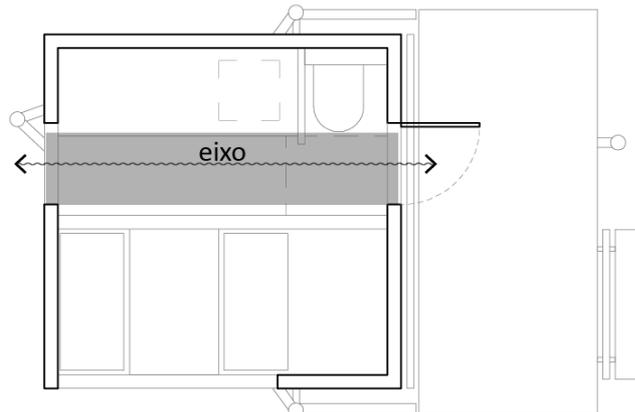


Figura 37: Richard Horden. *Axialidade*. Fonte: A autora, 2013

### 3.2.6.4 Materiais e Detalhes

Os materiais utilizados têm acabamento e cores neutras, o que, apesar de deixar os módulos com um aspecto mais impessoal, é o que permite que seja usado e apropriado por vários usuários distintos. São materiais de fácil manutenção, fato o qual é muito importante para o perfil de usuário escolhido: estudantes e viajantes.

Os detalhes, por sua vez, aproximam mais os moradores, visto que são detalhes exclusivos da m-ch, como o acesso pelo box, a mesa que se esconde no piso, as camas que podem passar despercebidas, entre outros.

### 3.1.6.5 Recinto

A m-ch é um bom exemplo de qualidade de recinto. Ela enclausura ao mesmo tempo que liberta o usuário, devido à proporção entre suas dimensões e aberturas. O pé-direito baixo traz o aconchego; a janela ampla faz com que o morador não perca a conexão com o externo. Essa conexão, porém, pode ser interrompida quando for desejado, devido à flexibilidade de suas persianas. O morador pode

sentir o módulo como um “*ninho*” e como uma área ampla e arejada, dependendo do uso.

### 3.1.6.6 Geometria Social

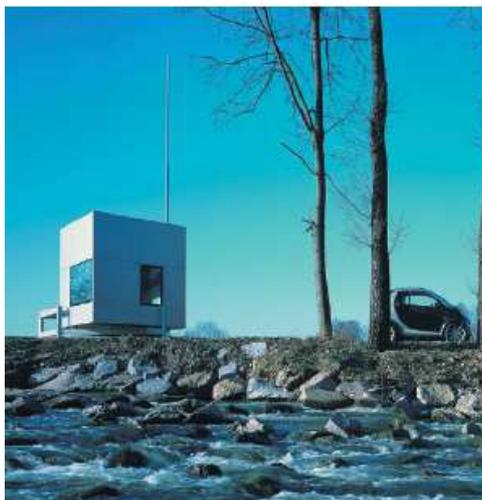
A disposição dos módulos no terreno favorece ou não a geometria social. No caso da *O<sub>2</sub> Student Village*, por exemplo, os módulos foram implantados uns frente aos outros, unidos por uma passarela elevada, de forma a aproximar os seus usuários e criar um espaço que pertence somente a eles.



*O<sub>2</sub> Student Village*



*Snowboard Village*



*m-ch 001*



*Tree Village*

Figura 38: *Diferentes Configurações*. Fonte: Richard Horden, 2013

O oposto ocorre no *Snowboard Village*, onde uma quantidade aproximada de módulos é disposta em um terreno com topografia com grande desnível, deixando-os mais distantes uns dos outros e com maior independência. No caso do *m-ch 001* implantado na Áustria, foi instalado um único módulo em um espaço amplo e vazio, o que pode ocasionar solidão e desconforto devido à sua aparente vulnerabilidade. Outra variação bastante significativa de implantação é o caso da *Tree Village*, na

qual os módulos ficaram dispostos uns sobre os outros, criando uma massa vertical de aparência rígida e estável.

#### 3.1.6.7 Geometria da Fabricação

As unidades têm um sistema de modulação estrutural que é compatível com as placas de alumínio da vedação bem como com as aberturas.

#### 3.1.7 Conclusão

A m-ch é um módulo residencial que pode ser adquirido de forma rápida, prática e relativamente barata. Ele se adapta a qualquer terreno e pode ter acabamentos personalizados. Estas características somadas permitem que ele seja utilizado com êxito na habitação mínima.

Entretanto, os moradores devem ter alguns hábitos que facilitem a moradia em uma área tão reduzida. Dentre eles, devem tentar manter a casa sempre organizada, pois qualquer coisa fora do lugar dificulta a realização de atividades. Além disso, é interessante que eles possuam poucas coisas e estejam realizados com isso. Portanto, o pensar mínimo, discutido anteriormente, é muito importante em um caso como esse.

### 3.2 CHANG'S APARTMENT

O arquiteto Gary Chang morou a vida inteira em um apartamento alugado de 32m<sup>2</sup> em Hong Kong. Ele compartilhava o espaço com seus pais, duas irmãs e um inquilino que alugava um dos quartos. Havia uma cozinha, 3 quartos e um banheiro. Em 1988 sua família se mudou, ele comprou o apartamento do proprietário e começou a fazer seus experimentos de reforma.

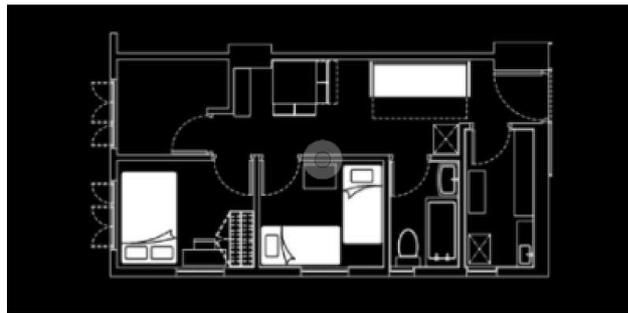


Figura 39: Gary Chang. 1976 Gary Chang's Apartment. Fonte: Archivenue



Figura 40: Gary Chang. 1976 Gary Chang's Apartment. Japão. Fonte: Fair Companies, 2013

#### 3.2.1 Paredes Móveis

A ideia central do projeto é a flexibilização das áreas livres e da circulação. Quase todas as partes servidoras do apartamento ficam dispostas em paredes móveis, as quais ficam, na maior parte do tempo, “guardadas” nas laterais do apartamento (Figura 44 e 45). Conforme a necessidade, essas paredes deslizam sob eixos transversais, formando novas disposições de *layout*. A vantagem desse sistema é a economia que se faz em circulação, pois todas as atividades realizadas dentro do apartamento usarão o mesmo espaço, porém, em momentos distintos durante o dia. Assim, os ambientes serão sempre generosos e confortáveis.



Figura 41: Gary Chang. *Gary Chang's Apartment*. Japão. Fonte: Yossawat



Figura 42: Gary Chang. *Gary Chang's Apartment*. Japão. Fonte: Yossawat

As imagens acima são referentes à uma mesma vista do apartamento (hall de acesso), porém cada uma está com as paredes móveis dispostas de maneira diferente, abrigando, assim, diversas funções em um mesmo espaço.

Na planta baixa a seguir são identificadas todas as paredes móveis e outros elementos do apartamento. Consistem em paredes móveis as partes demarcadas com o número 1, 6, 7 e 9. Todas elas têm a função servidora de *guardar*, mesmo que objetos diferentes, como roupa, alimentos, livros, etc. Todas, além disso, possuem o mesmo funcionamento: com trilhos superiores embutidos no teto e rodízios inferiores, permitindo que o piso seja inteiriço. Para não marcar o teto, Chang colocou espelhos em toda sua superfície, de forma a disfarçar os trilhos. Ele consegue ainda, com isso, dar a falsa impressão de ampliação do pé-direito.

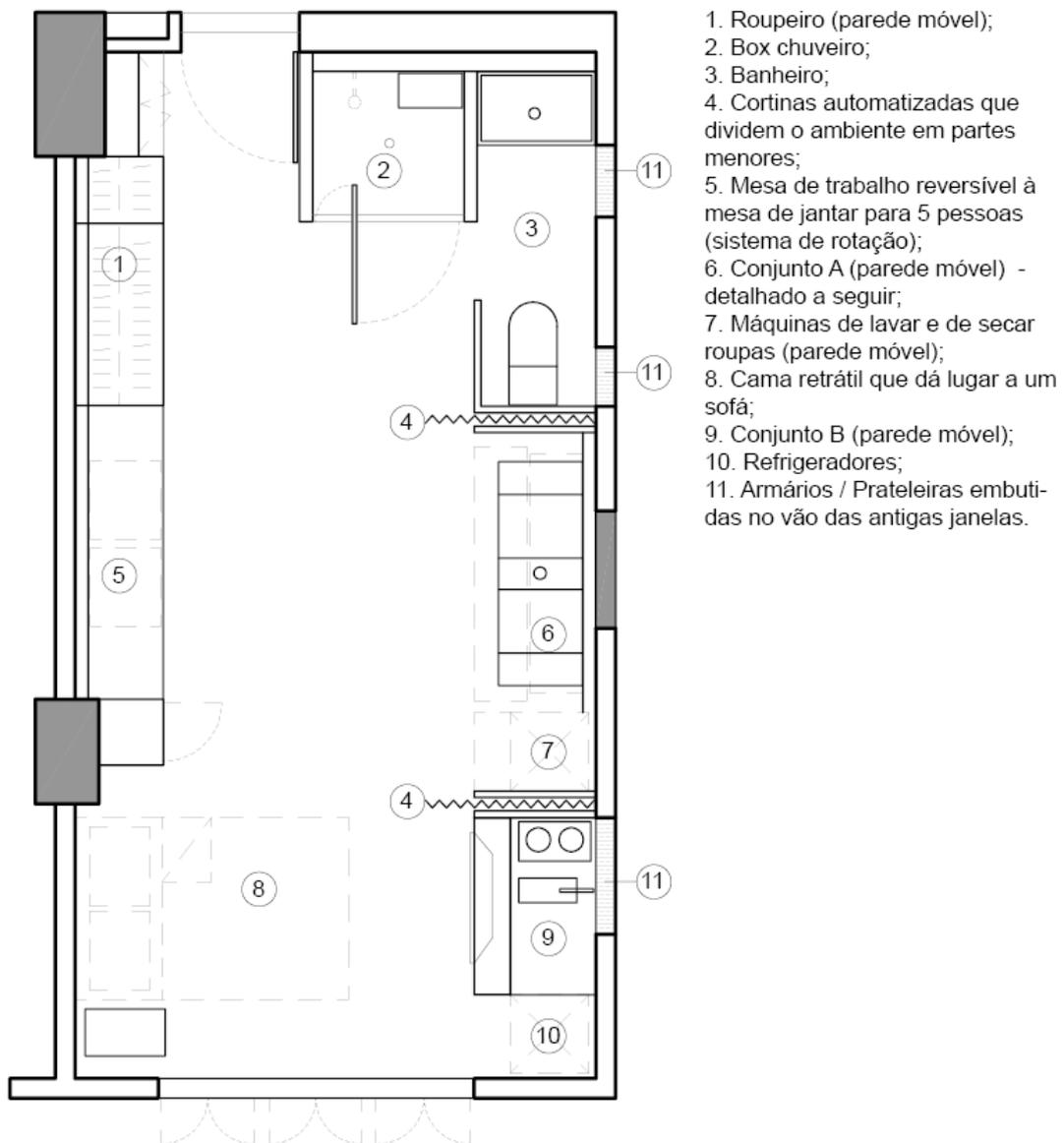


Figura 43: Gary Chang. *Gary Chang's Apartment*. Japão. Fonte: da autora

### 3.2.2 Módulo 6

O módulo 6, de maior complexidade, foi escolhido para um detalhamento, de forma a explicar seus encaixes e funcionamento. Sua primeira parede, que aparece quando todas estão guardadas, abriga a biblioteca pessoal do arquiteto (Figura 47). Essa parede possui, entretanto, prateleira em seus dois lados, permitindo que sejam guardados objetos diversos em seu verso (Figura 48).



Figura 44: Gary Chang. *Biblioteca*. Japão. Fonte: Fair Companies



Figura 45: Gary Chang. Prateleiras de *Utensílios*. Japão. Fonte: Fair Companies

A segunda parede móvel também possui uma estante para armazenagem de utensílios em seu lado frontal criando, assim, um corredor formado por duas paredes de igual função (Figura 48). No verso da segunda parede, encontra-se o que o arquiteto denomina de "*Spa Wall*", que é onde ele guarda seus produtos de higienização pessoal e de relaxamento, os quais são usados em conjunto com a banheira, localizada à sua frente.



Figura 46: Gary Chang. *Spa Wall*. Japão. Fonte: Fair Companies



Figura 47: Gary Chang. *Spa*. Japão. Fonte: Fair Companies

Quando deslocada a última parede, *Spa Wall*, cria-se um espaço bastante amplo de banheiro, contando com a parede, a banheira e o banheiro fixo (box e lavabo) que se encontra aos fundos da figura 50.

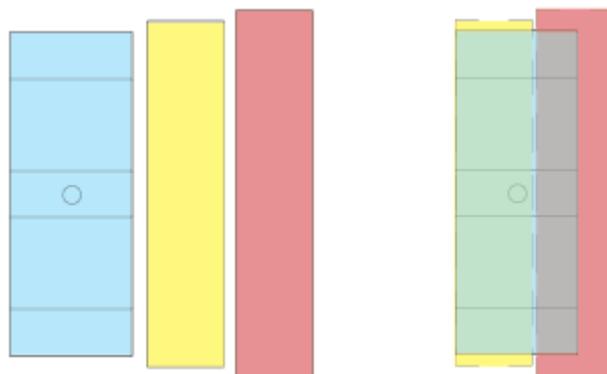


Figura 48: Gary Chang. *Planta baixa módulo 6*. Japão. Fonte: da autora

Em planta, o conjunto das duas paredes sobrepõe a banheira, de forma a aproveitar o vazio sobre ela, economizando, assim, espaço em planta. As paredes têm o comprimento maior do que o da banheira, permitindo esse encaixe.

A primeira parede, representada aqui na cor avermelhada, abriga funções nos dois lados em toda sua extensão horizontal e vertical. Já a segunda, em cor amarela, mais estreita, abriga o *spa wall* no trecho inferior, enquanto, na parte superior, abriga as prateleiras para utensílios (Figuras 52, 53 e 54).

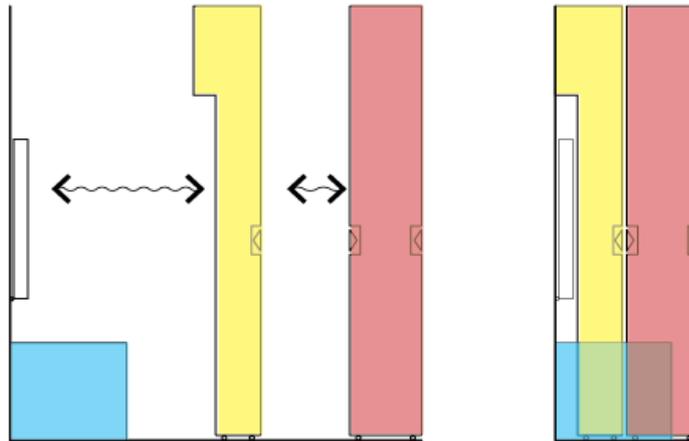


Figura 49: Gary Chang. *Vista módulo 6. Japão.* Fonte: da autora

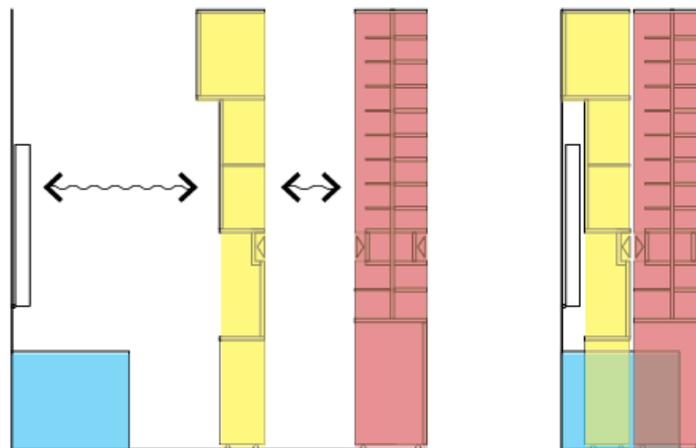


Figura 50: Gary Chang. *Corte módulo 6. Japão.* Fonte: da autora

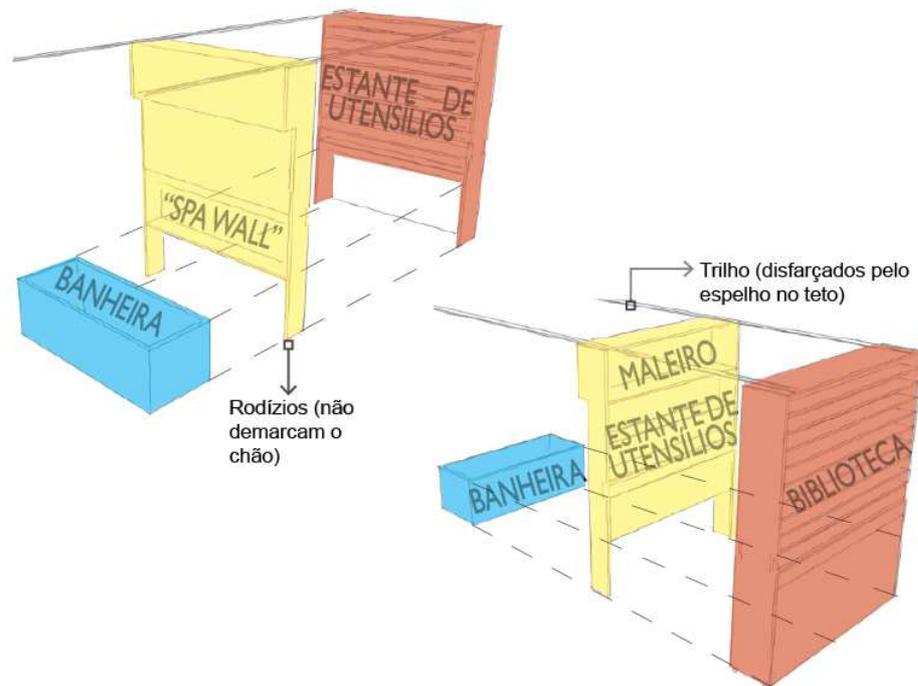


Figura 51: Gary Chang. Esquema módulo 6. Japão. Fonte: da autora

### 3.2.3 Mobiliário

Além das paredes móveis, o mobiliário do apartamento funciona de maneira inteligente, como é o caso da mesa e da cama.

No dia-a-dia a mesa é utilizada como bancada de trabalho e para alimentação. Porém, da maneira que está disposta não é possível acomodar mais de duas pessoas confortavelmente. Por isso, o arquiteto a fez móvel, possibilitando que a mesa saia da sua posição inicial e configure um novo layout, comportando um número de 5 pessoas ao seu redor (Figura 55).

A cama também não é fixa. Ela possui um mecanismo através do qual é possível guardá-la na posição vertical, em um nicho na parede. Assim, quando não está em uso, além de não ocupar espaço, se camufla com a parede. Neste momento, é possível abrir uma plataforma que fica fixada em seu fundo, a qual servirá de assento (Figura 56).

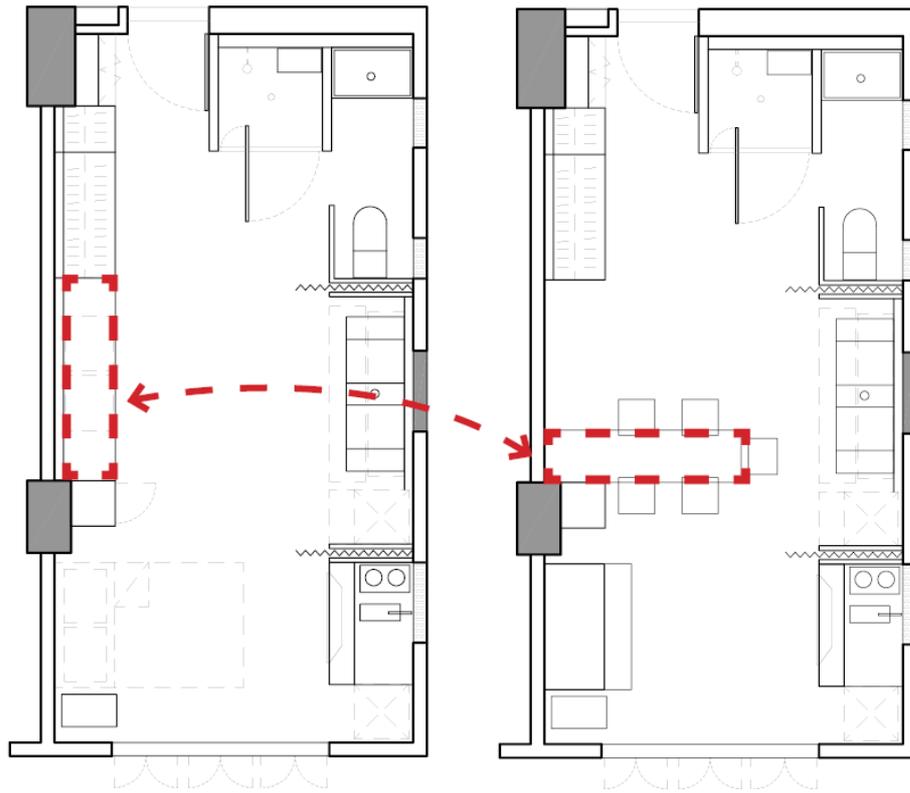


Figura 52: Gary Chang. Funcionamento da mesa. Japão. Fonte: Fair Companies



Figura 53: Gary Chang. Funcionamento da cama. Japão. Fonte: Fair Companies

### 3.2.4 Conclusão

A solução encontrada por Chang é bastante funcional e propicia espaços de dimensões que seriam impossíveis de serem alcançadas em um *layout* convencional. Chang, além disso, conseguiu uma grande área de armazenagem. Porém, a solução não é muito prática e rápida, visto que para cada atividade a ser

realizada é necessária a movimentação das paredes. Da mesma forma, se o espaço não estiver arrumado e organizado, as funções do apartamento ficam impossibilitadas. Por esse motivo, é importante que o morador tenha hábitos de limpeza e organização.

### 3.3 SYSTEM3

O Sytem 3 é um módulo residencial que tem como enfoque o sistema construtivo. Foi desenvolvido pelos arquitetos Oskar Leo Kaufmann e Albert Ruf para a exibição MoMA's Home Delivery, em Nova Iorque, 2008.

#### 3.3.1 Funcionamento

A ideia é que se juntem módulos de maneira a formar casas de diferentes tamanhos e *layouts*. Para isso, os arquitetos desenvolveram dois módulos diferentes: o servidor (representado em azul na figura abaixo) e o servido (representado em amarelo), este último chamado por eles de "*naked space*".

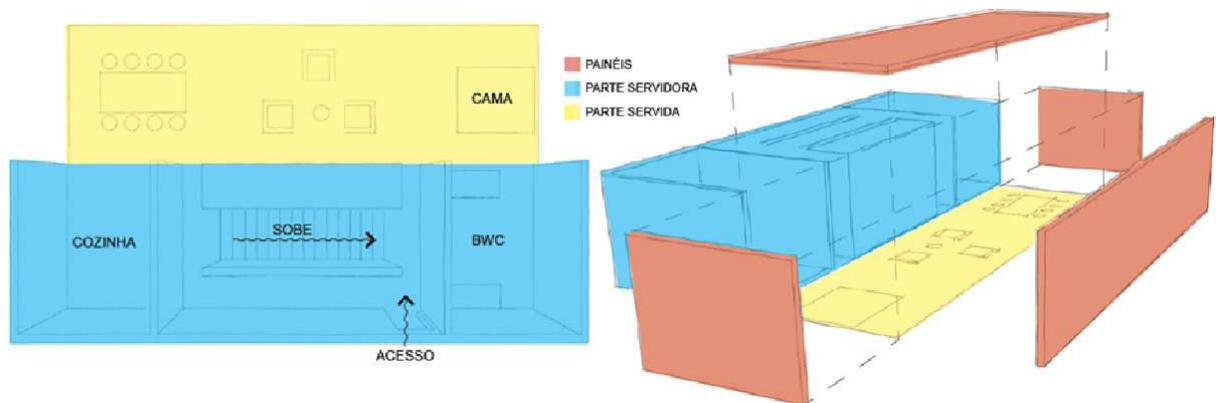


Figura 54: *Planta Baixa e setorização System3*. Fonte: da autora

A casa não possui uma forma pré-definida, tanto na célula como no conjunto, dependendo do terreno e da preferência do usuário. De qualquer maneira, a solução estrutural permite uma livre articulação dos elementos. Para conseguir uma maior flexibilidade, os clientes ainda podem escolher a posição, forma e tamanho de cada painel e janela, propiciando personalização para cada unidade. Isso foi facilitado devido ao fato de esses painéis serem autoportantes. Além disso, os módulos são empilháveis e contam com uma escada para efetivar a circulação vertical, sendo ela para outro módulo ou para o terraço.



Figura 55: *Painéis System3*. Fonte: Olkruf

Por conta da pré-fabricação, a montagem acontece muito rapidamente. O módulo servidor já vem pronto da fábrica e conta com uma estrutura metálica que envolve todas as arestas. Depois de instalado no sítio, são acoplados os painéis do espaço servido, como ilustra a figura 59.



Figura 56: *Montagem System3 MoMA*. Nova Iorque. Fonte: MoMA Videos

Os painéis, de 12cm de espessura, incluem janelas, portas e isolamento térmico e são feitos de madeira sem acabamento em pintura. Porém, nas superfícies externas, incluindo o telhado, foi aplicado um revestimento marinho que protege contra as intempéries climáticas. Internamente foi usada uma camada de óleo para proteger a madeira contra infiltração e umidade e facilitar a limpeza.

O projeto, segundo os arquitetos, foi determinado pelo processo CNC, o qual permitiu que fossem feitas as perfurações circulares por onde entra luz, sem perder a privacidade. Esse procedimento foi calculado para não prejudicar a estabilidade estrutural dos painéis. Cada um dos furos conta com um cilindro metálico que faz o acabamento e ajuda na estruturação do painel, além do fechamento em vidro.



Figura 57: *Processo CNC*. Fonte: Olkruf

### 3.3.2 Conclusão

O estudo do System 3 poderá auxiliar na fase de projeto no que diz respeito à pré-fabricação e sistemas de montagem. A flexibilidade do sistema em relação a tamanho e *layout* é um ponto forte que pode vir a ser explorado.

Entretanto, há pouca informação disponível sobre o projeto; faltam, por exemplo, informações sobre a estrutura interna e os encaixes entre painéis, o que inviabiliza uma análise completa do sistema.

### 3.4 LEGO APARTMENT

#### 3.4.1 Funcionamento

A reforma de um loft de 24m<sup>2</sup> feita pela arquiteta Barbara Appolloni para o fotógrafo Christian Schallert, em Barcelona (Espanha), fez do loft um amplo apartamento multi-funcional. As funções dos espaços se sobrepõem, assim como no apartamento estudado anteriormente de Gary Chang<sup>21</sup>. Entretanto, neste caso, a maior parte das coisas é fixa, com exceção da mesa e da cama, que utilizam o mesmo espaço.



Figura 58: Barbara Appolloni. *Vista da cozinha (cama aberta e fechada)*. Fonte: One Kindesign



Figura 59: Barbara Appolloni. *Vista da mesa dobrável*. Fonte: One Kindesign

A cozinha e o armário ficam situadas em uma parede única, encobertos por um grande painel de Pinus formado por um conjunto portas sensíveis ao toque. Desta forma, quando esses espaços não estão em uso, ficam camuflados, e permitem uma leitura rápida e fácil do ambiente.

<sup>21</sup> Capítulo 3.2 Gary Chang's Apartment in Hong Kong



Figura 60: Barbara Appolloni. *Painel Pinus*. Fonte: Fair Companies

O *toilet* também fica embutido nessa parede, separado do box do chuveiro e da pia, que se abrem para o restante do apartamento. A parede oposta - feita com painéis de VIROC<sup>22</sup> - funciona da mesma maneira, porém abriga menos funções. Nela, ficam embutidas a mesa de jantar, uma bancada e a televisão, todas possuem sistemas pivotantes para rotação.



Figura 61: Barbara Appolloni. *Banheiro*. Fonte: One Kindesign

<sup>22</sup> VIROC é uma mistura de partículas de madeira e cimento Portland.



Figura 62: Barbara Appolloni. *Parede VIROC*. Fonte: One Kindedesign

O corpo da cama possui múltiplas funções. Além de ser uma cama, é um sofá, um assento para refeições e uma escada de acesso à varanda. Durante o dia, a parte que contém o colchão normalmente fica embutida sob o piso da varanda, a qual é integrada ao apartamento devido às portas camarão - que possibilitam a abertura total.

O apartamento possui, além da varanda, um terraço, local onde Christian Schallert recebe muitos amigos. Nele, há uma grande área de estar e a lavanderia, a qual é composta por uma máquina de lavar e secar roupa e por um grande tanque.



Figura 63: Barbara Appolloni. *Varanda*. Fonte: One Kindedesign



Figura 64: Barbara Appolloni. *Terraço*. Fonte: One Kindesign

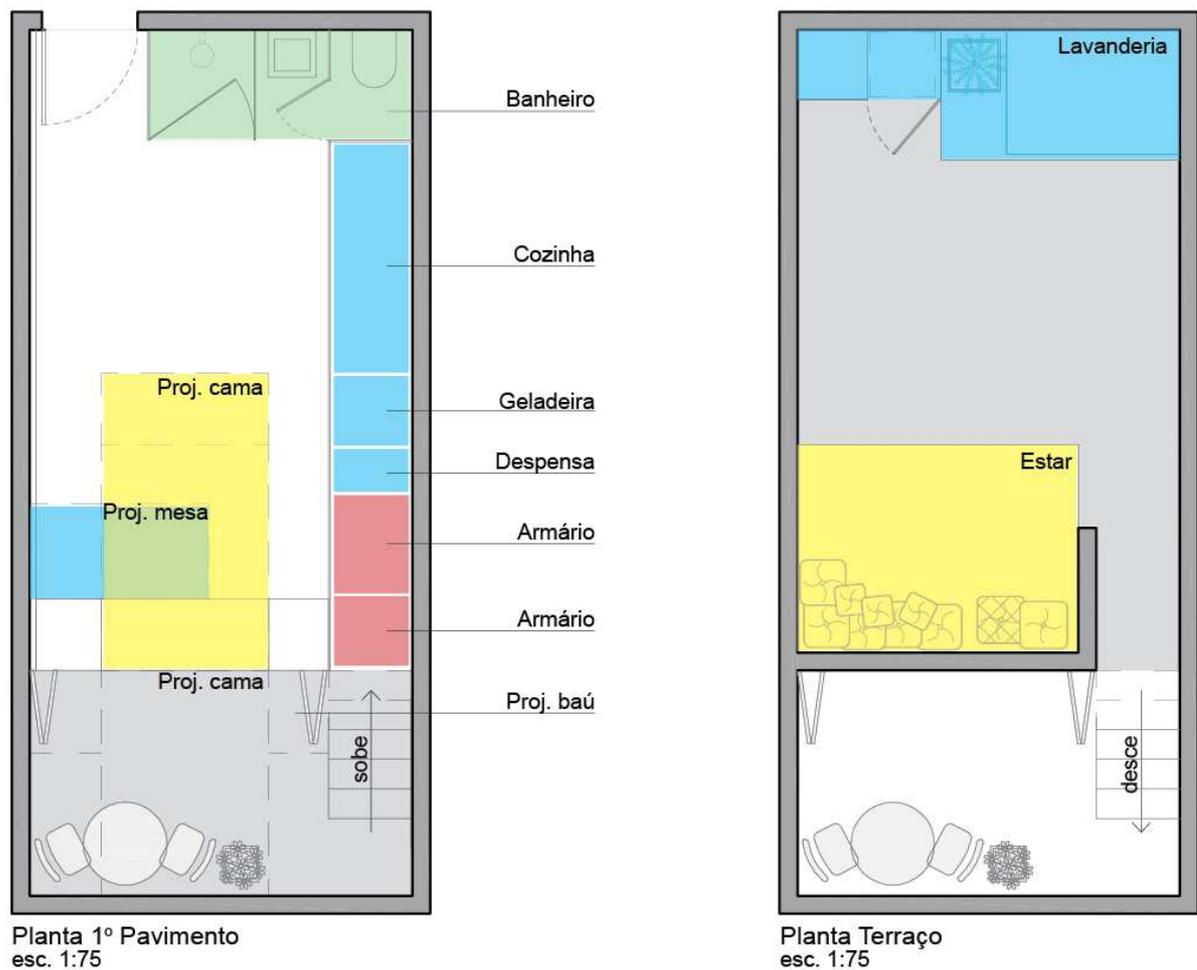


Figura 65: Barbara Appolloni. *Plantas Baixas*. Fonte: da autora.

Esse apartamento consegue, em uma reduzida área, suprir todas as necessidades de seus usuários. Para Schallert, suas maiores vantagens estão no fato de ele estar com a casa sempre arrumada - ou aparentemente arrumada, pois

pode fechar os painéis e esconder a bagunça - e conseguir realizar suas atividades sem a necessidade de percorrer grandes distâncias.

#### 3.4.2 Conclusão

Após a análise, conclui-se que o apartamento tem suas funcionalidades organizadas de forma simples e com pouca demanda de espaço. A arquiteta conseguiu ampliar o ambiente e torná-lo apropriado para receber visitas. A varanda e a cobertura facilitam ainda mais o acesso e a permanência das mesmas.

### 3.5 DIOGENE MICRO-HOME

A micro-home, projetada e executada pelo arquiteto Renzo Piano, começou a ser pensada há 10 anos. Foram feitos protótipos de madeira compensada, de concreto e o último foi executado em madeira. Ao ver a evolução do projeto, o responsável pelo Vitra, Rolf Fhlbaum, solicitou parceria e os dois trabalharam juntos no projeto por 3 anos. Então, em 2013, o módulo ficou pronto para ser instalado no Campus Vitra (figura 69) e foi batizado de Diogene em homenagem ao filósofo grego Diógenes de Sínope, mencionado no capítulo 2.3.2.

"Esta pequena casa é o resultado final de uma jornada muito longa, parcialmente dirigida por desejos e sonhos, mas também pelo conhecimento técnico e científico." Renzo Piano, 2013

Segundo PIANO, morar na Diogene deve ser uma decisão e não uma obrigação. O módulo, entretanto, pode ainda ser utilizado como escritório, como parte de algum ambiente, como um hotel informal ou como uma casa de hóspedes (PIANO, 2013).



Figura 66: Renzo Piano. *Diogene*. Fonte: Renzo Piano.

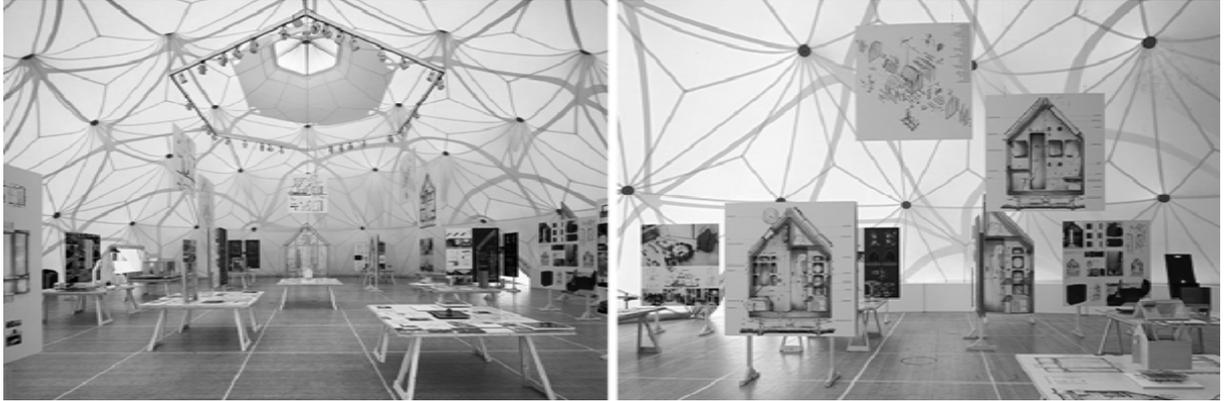


Figura 67: Renzo Piano. *Exposição Vitra*. Fonte: Renzo Piano.



Figura 68: Renzo Piano. *Exposição Vitra*. Fonte: Renzo Piano.

### 3.5.1 Funcionamento

A Diogene possui uma área de  $7,5\text{m}^2$  e lados iguais a 3 e  $2,5\text{m}$ . Seu espaço é dividido em área úmida e área seca. A cozinha e o banheiro juntos somam aproximadamente  $1/4$  da casa e o restante abriga as outras funções. A lavanderia, entretanto, não está inclusa no programa. Apesar disso, o arquiteto garante que a casa possui tudo o que é necessário para o uso especificado.

A flexibilidade do mobiliário é simples e está no sofá expansível e na mesa dobrável. Assim, são possíveis 4 configurações diferentes do espaço de maneira rápida e eficiente.

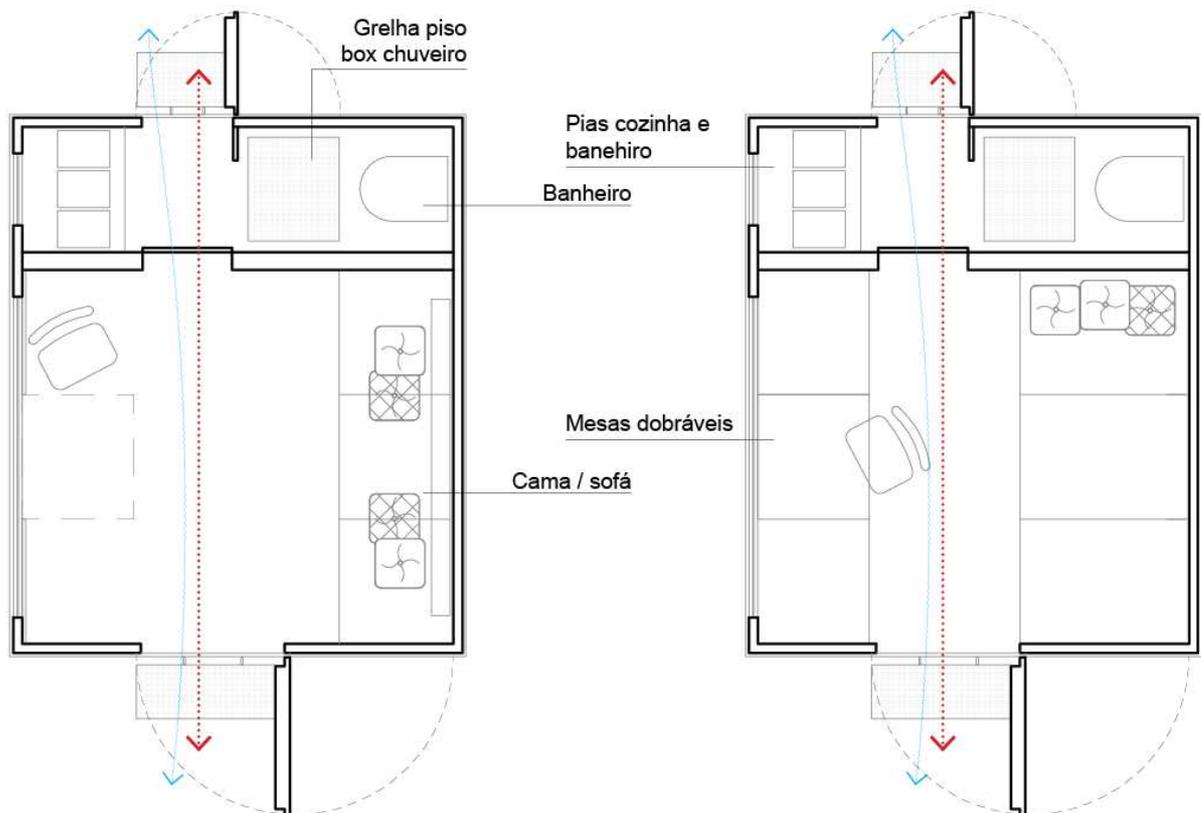


Figura 69: Renzo Piano. *Variações na configuração do espaço.* Fonte: da autora.



Figura 70: Renzo Piano. *Variações na configuração do espaço.* Fonte: Renzo Piano.

A parede interna, além de fazer a divisão entre os dois ambientes, tem a função de armazenagem de pequenos objetos, como utensílios de cozinha, produtos de limpeza e de higienização pessoal. Objetos maiores podem ser guardados no mini-ático acima da área da pia ou abaixo do sofá.

Na imagem 74 vemos no alto do telhado o boiler e os painéis solares. Na área interna esquerda, fica o banheiro (vaso sanitário com compostagem, área de

chuveiro e de armazenagem) e na área interna direita está o ático, a cozinha e a área de armazenagem. Abaixo da pia, se localiza uma pequena geladeira. Sob a casa está o reservatório de águas pluviais e de águas cinzas.

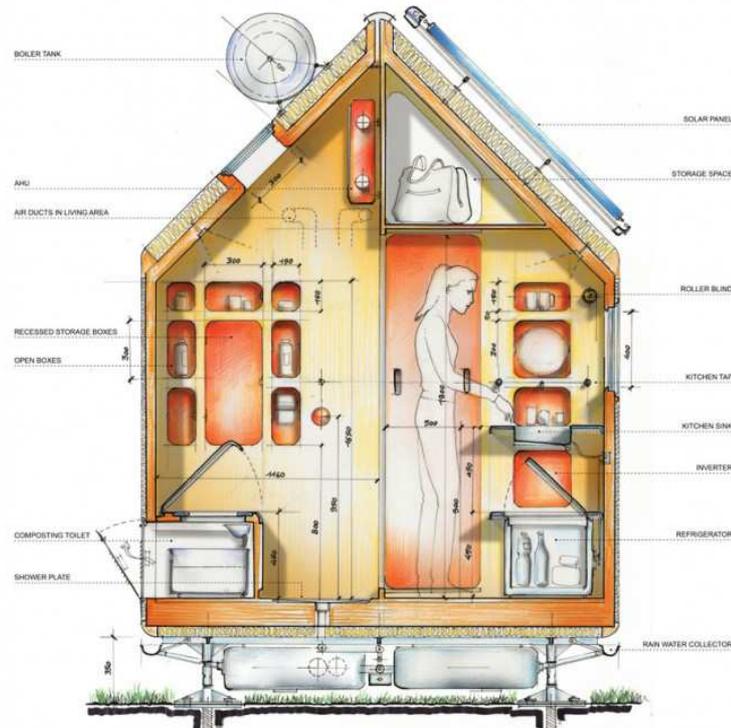


Figura 71: Renzo Piano. *Corte 1 - Cozinha, banheiro e ático.* Fonte: Renzo Piano.

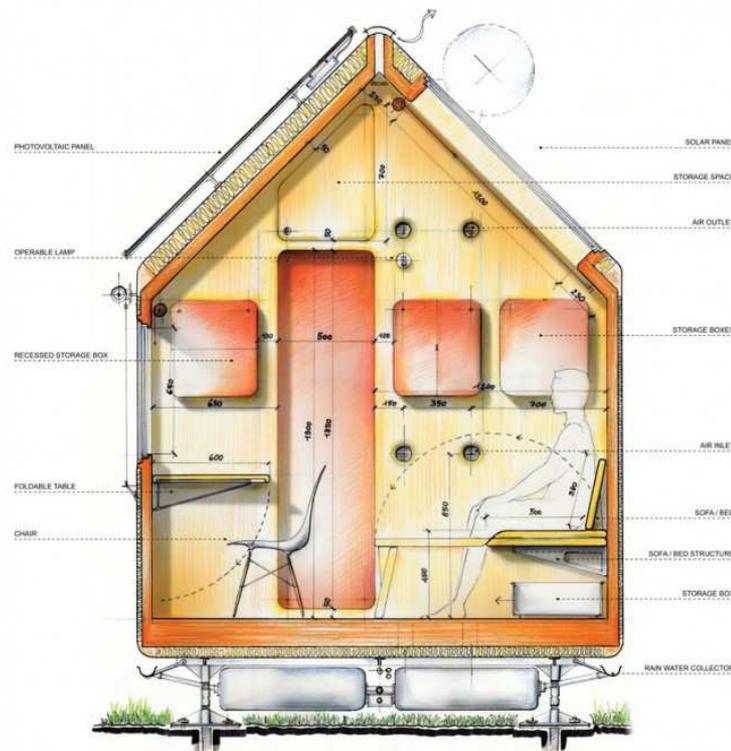


Figura 72: Renzo Piano. *Corte 2 - Sala e dormitório.* Fonte: Renzo Piano.

Na imagem 75 é possível ver o funcionamento da área de estar. Neste trecho da casa, existe uma abertura zenital no teto, da qual vem grande parte da iluminação natural. Além disso, é importante destacar o isolamento termo-acústico do telhado. Internamente à esquerda fica a mesa dobrável que abriga funções como alimentação e trabalho. À direita, existe o sofá-cama, com área e estrutura compacta.

Como as janelas são fixas, a ventilação acontece apenas pelas duas portas, as quais, como estão em extremidades opostas, possibilitam a ventilação cruzada. O ar quente ainda sai por efeito chaminé, visto que há uma abertura no ponto mais alto da casa, entre as duas águas, para esse fim.

### 3.5.2 Autossuficiência

O protótipo Diógene, apesar de aparentar uma casa simples externamente, internamente conta com uma infraestrutura muito complexa de autossuficiência. É equipada com várias instalações e sistemas técnicos que são indispensáveis para a independência das redes locais. Dentre esses sistemas estão as células fotovoltaicas, o aquecimento solar de água, a coleta de águas pluviais, o banheiro biológico, a ventilação natural, o isolamento termo-acústico e aparatos para barragem de insolação indesejada.

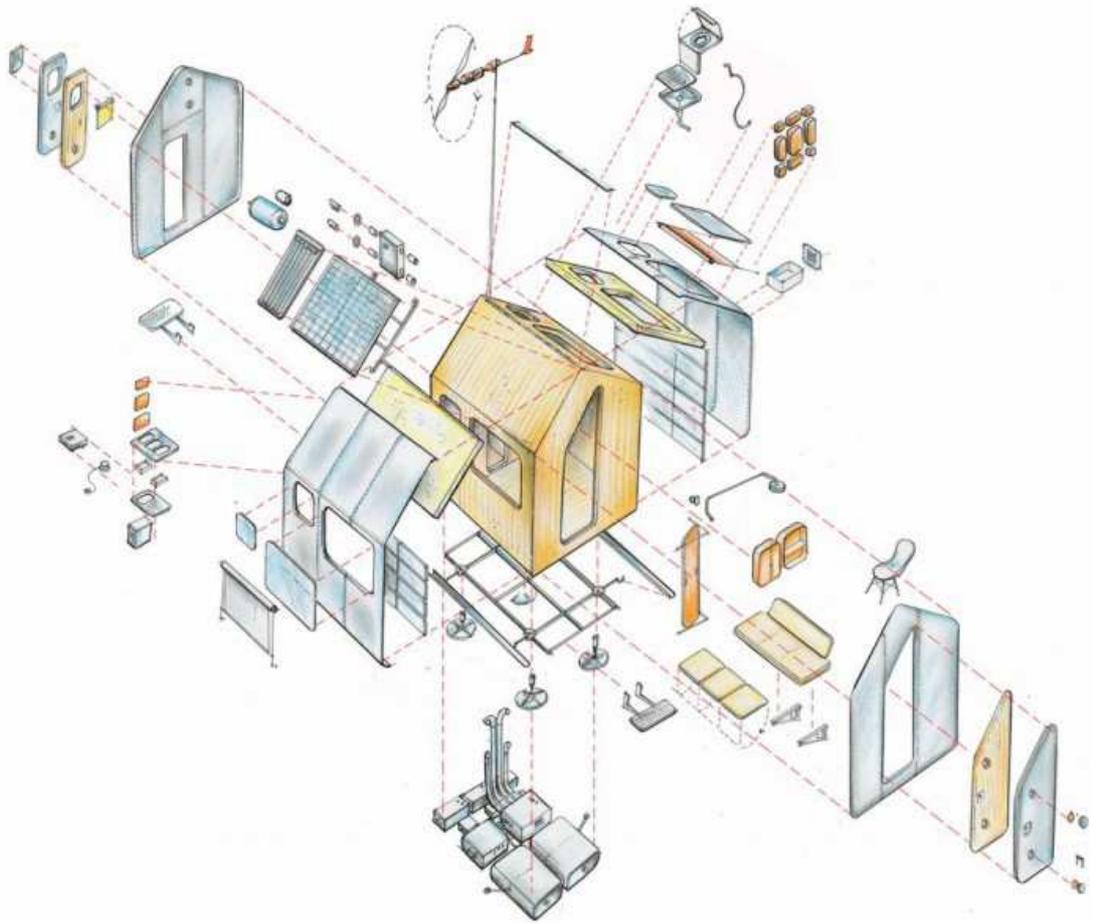


Figura 73: Renzo Piano. *Isométrica explodida mostrando os sistemas.* Fonte: Renzo Piano

Nos estudos de Renzo ainda consta, como mostrado na imagem acima, a geração de micro-geração eólica, mas que não foi colocada em prática. Na mesma imagem, observam-se as várias camadas de fechamento interno e externo, bem como de isolamento. Internamente, o arquiteto optou pela madeira, para tornar o ambiente mais quente. Já externamente, painéis de alumínio protegem o módulo das intempéries climáticas. A sua forma está associada ao arquétipo de casa, porém, seus cantos e acabamentos arredondados deixam clara sua contemporaneidade.



Figura 74: Renzo Piano. *Forma e Instalações no telhado*. Fonte: Renzo Piano

### 3.5.3 Conclusão

O módulo Diogene tem um perfeito funcionamento e escala e funções bastante minimizadas. Porém, exige uma pré-disposição muito grande por parte do morador a concordar com as suas condições físico-funcionais. Quando utilizada como segunda casa, casa de hóspedes ou alguma outra função não permanente, acaba sendo mais confortável.

Porém ela é ideal para a vida moderna, na qual a casa é utilizada em horários reduzidos, pois as atividades cotidianas são realizadas na cidade. Assim, a casa se aproxima de um refúgio e área de relaxamento.

Sua espacialidade, devido à limpeza visual e aos materiais, remete ao conforto. A escala reduzida somada com a iluminação natural evidenciam esse fato.

## 4 INTERPRETAÇÃO DA REALIDADE

### 4.1 ANÁLISE DOS POSSÍVEIS USOS

Desde o início desta pesquisa, se tem, como objetivo principal, a elaboração de um módulo mínimo residencial que possa ser utilizado por qualquer pessoa em qualquer terreno (respeitando a legislação vigente), de acordo com as especificações e variações delimitadas para diferentes perfis de usuários bem como de clima e de topografia. Assim, os módulos poderão ser comercializados e consistirão em uma opção mais rápida, prática e barata à sociedade.

É importante deixar claro, entretanto, que os módulos não se enquadram no chamado *International Style*, o qual trata de uma arquitetura única para qualquer situação, mas sim uma arquitetura que possa ser mutável de acordo com as necessidades e preferências.

O fato de se tratar de uma micro-arquitetura permite que seja transportável, mostrando uma grande vantagem dessa habitação frente às outras oferecidas pelo mercado. Os moradores, após a compra, podem optar pelo terreno, o que possibilita que a moradia se adapte à vida das pessoas e não o contrário.

O intuito desse projeto não é, necessariamente, abrigar classes sociais ou perfis familiares específicos, e sim diferentes usos e tipologias, de acordo com atividades e momentos de vida de cada comprador. Por esse motivo, índices como de composição familiar e socio-econômicos não serão analisados. Serão vistos, entretanto, dados relacionados aos tipos de usos propostos, bem como pré-requisitos de implantação.

Além disso, as micro-casas poderão funcionar não só como moradia permanente ou temporária, mas também como pequenos hotéis, casas de hóspedes ou até mesmo refúgios. As possibilidades de uso e implantação são dispostas a seguir:

#### 4.1.1 Habitação Universitária

Foi analisada a possibilidade e a demanda por novas habitações universitárias no município de Curitiba<sup>23</sup>. O resultado mostrou-se bastante favorável aos módulos, tanto em enquete realizada com os universitários, tanto em entrevista junto às casas de estudantes. Devido a esses resultados, somados com as condições financeiras muitas vezes instáveis dos estudantes e com seus padrões diários de atividades e necessidades, julgou-se muito apropriada a instalação desta tipologia de habitação para eles, por conta do tamanho reduzido, da praticidade, da facilidade e dos custos competitivos.

#### 4.1.2 Habitação Sazonal

Outra possível aplicação seria o aluguel ou compra dessas unidades para implantação em terrenos com alto interesse turístico ou ambiental. Assim, lotes desocupados, ou até mesmo *campings*, poderiam ser alugados por temporada com o intuito de receber essas unidades, sem precisar dispor, entretanto, de nenhum tipo de infraestrutura ou administração. Terrenos baldios em praias, montanhas ou próximos de atrações turísticas poderiam ser utilizados com muito mais facilidade e de uma forma bastante rentável. É o que acontece, por exemplo, com a casa transportável Summer Container, do arquiteto Markku Hedman, que é usada por ele e sua família para passar as temporadas de verão nas florestas da Finlândia.



Figura 75: Summer Container. Fonte: Micro Very Small Buildings, 2009

---

<sup>23</sup> Resultado apresentado em apêndice.

Em Guaratuba-PR, por exemplo, existem, pelo menos, 54 anúncios de terrenos à venda que variam de 12 mil até 2 milhões de reais. Os menores possuem 360m<sup>2</sup> e os maiores chegam a 400.000m<sup>2</sup> (Vivanúncios, 2013). Já em Angra dos Reis-RJ, existem 36 anúncios, com áreas variando de 100m<sup>2</sup> até 48.000m<sup>2</sup> e preços entre 7 mil até 7 milhões de reais. Os terrenos encontram-se, de modo geral, desocupados, porém, alguns deles possuem nascentes ou estão em área de proteção. Por isso, o investidor terá de saber se o terreno especificado tem ou não autorização das respectivas Secretarias Municipais do Meio ambiente para receber esses módulos, mesmo que de forma provisória.

#### 4.1.3 Habitação nômade

Uma casa mínima pode ser facilmente transportável, dependendo do jeito de que é desenvolvida. Essa característica a torna uma boa opção para pessoas que vivem de forma nômade, seja por consequência do trabalho ou por ambições pessoais. Pessoas como pesquisadores, disseminadores de ideias, representantes comerciais ou viajantes poderiam ter sua vida facilitada com uma habitação mínima móvel. O transporte poderia ser feito pelos próprios moradores, através de veículos adequados, ou ser terceirizado.

#### 4.1.4 Habitação temporária

A casa mínima pode, facilmente, desempenhar a função de habitação temporária. Pessoas que viajam com o objetivo de permanecer um período de tempo em outras cidades, nem sempre estão dispostas a pagar por um quarto de hotel ou possuem tempo disponível para alugar um imóvel nas condições normais de mercado. Para isso, nos dias atuais, os Apart Hotéis têm desempenhado uma condição satisfatória, devido à sua independência, facilidade de acesso, tamanho reduzido e serviços de quarto. Porém, eles nem sempre apresentam custos interessantes, devido às suas infraestruturas e serviços, além de faltarem com privacidade.

De acordo com pesquisa realizada no Hotel Finder (Google, 2013), em Curitiba, existem 114 hotéis, variando de 96 a 325 reais a diária, custos elevados

para uma estadia mais longa. Já os apart hotéis, usualmente são cobrados por mês, porém, costumam ter valores superiores aos aluguéis de imóveis convencionais, devido aos seus serviços. Em contrapartida, muitos optam por alojamentos, os quais muitas vezes, carecem de infraestrutura adequada.

Por esses motivos, o aluguel de casas mínimas se torna uma opção bastante competitiva. Elas poderiam ser instaladas em forma de vila e administradas por um investidor, facilitando os trâmites da legislação urbana.

Outra possibilidade de habitação temporária seria a sua instalação em terrenos particulares, com a intenção de aluguel ou abrigo de hóspedes. Neste caso, segundo a urbanista e professora Gislene Pereira, de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Paraná (2013), é necessária a verificação do potencial construtivo e dos coeficientes de ocupação e permeabilidade de cada terreno, a fim de dimensionar a área que ainda poderá ser ocupada.

#### 4.1.5 Habitação Parasita

A casa mínima pode ter, também, um caráter parasita, ou seja, ser instalada sobre edificações já existentes e usufruir de sua infraestrutura. É o caso, por exemplo, do protótipo residencial Parasite Las Palmas, Instalado em Rotterdam. Segundo os arquitetos, ele transmite a ideia da necessidade de moradias flexíveis, ecológicas e acessíveis. Possui a vantagem de reduzir a necessidade de expansão urbana nas grandes cidades, devido a esse aproveitamento da infraestrutura existente (Korteknie Stuhlmacher, 2010).



Figura 76: Parasite Las Palmas. Fonte: Mimi Zeiger, 2010.

#### 4.1.6 Refúgio

Muitas pessoas almejam por possuir um refúgio, ou uma segunda casa, com o objetivo de poder contar com um espaço para reflexão e relaxamento, longe dos problemas do dia-a-dia. A casa-mínima pode cumprir, também, com essa função.

### **4.2 PRÉ-REQUISITOS DE IMPLANTAÇÃO**

As casas poderão ser implantadas em diversas tipologias de terreno, desde áreas ao ar livre até cobertas. Poderão ser instalados em solos como areia, terra e concreto. Porém, não serão projetadas para a instalação em áreas que tenham contato direto com a água ou neve. Os módulos também não terão infraestrutura para serem implantados em terrenos com climas rigorosos, como desertos ou áreas polares.

Os terrenos deverão ter dimensões que suportem a(s) unidade(s) respeitando os afastamentos mínimos em relação a outros edifícios, recuos e afastamentos laterais, segundo a legislação vigente em cada município. Quando implantadas sobre edifícios existentes ou dentro de terrenos já ocupados, deverão ser consultados os documentos do mesmo, de forma a confirmar a possibilidade de agregação da nova área.

## **5. DIRETRIZES DE PROJETO**

### **5.1 PROGRAMA DE NECESSIDADES E PRÉ-DIMENSIONAMENTO**

O programa estará contido em módulos residenciais de tamanho mínimo, devendo haver, em todas as unidades, áreas destinadas às atividades de dormir, de comer e de estar, além do banheiro, da copa e da lavanderia. Ainda deverão ser providos espaços de armazenamento de roupas, comida, utensílios e objetos em geral. Para isso, os módulos terão seus espaços e usos flexíveis e inteligentes, visando a qualidade e a otimização das funções.

De acordo com os estudos de casos e outros exemplos de moradia mínima apresentados, em uma área de 7m<sup>2</sup> já é possível abrigar com relativo conforto duas pessoas. Porém, alguns metros quadrados a mais auxiliariam na questão da privacidade (principalmente relativa aos sanitários) e permitiriam a instalação de máquinas de lavanderia. Por isso, julga-se apropriada a aproximação de uma área interna de 10 a 15m<sup>2</sup>. Segundo a ONU (apud Franciso Bemquerer Costa Rasia, 2002), a área mínima necessária por habitante em uma unidade habitacional é igual à 3,5m<sup>2</sup>. Levando em consideração que cada um dos módulos abrigará uma ou duas pessoas, a área estipulada é mais do que suficiente.

A área dos módulos também vai se relacionar diretamente com as medidas dos veículos automotivos que possam realizar seus transportes, como caminhões de pequeno e médio porte. Segundo a Companhia de Engenharia de Tráfego do estado de São Paulo, os veículos de carga de porte médio e pequeno possuem, respectivamente, medidas médias de comprimento e largura igual à 10x3,5m e 8x3,10m. Visto isso, o ideal é que os módulos tenham medida inferiores a estas, para que possam ser transportados pelas cidades com facilidade.

### **5.2 Premissas Tecnológicas**

Serão utilizados materiais e sistemas que exijam pouca manutenção e que tenham vida útil prolongada. Além disso, é importante que os elementos tenham fácil acesso para viabilizar esses procedimentos.

Como visto no capítulo 2.8 (Estudo da Madeira e do Aço), a escolha da estrutura em aço e do fechamento em madeira trará um resultado durável e compacto, cumprindo com as necessidades desta tipologia de habitação mínima. Estruturas que tenham a possibilidade de serem desmontadas, eventualmente, ainda podem acrescentar benefícios relativos ao transporte. Entretanto, a intenção é que os módulos sejam transportados inteiros, facilitando o procedimento e o acesso.

Além disso, pretende-se, com esse projeto, o desenvolvimento de módulos que possam configurar diferentes implantações, de acordo com o terreno e com o número de unidades. Para isso, contarão com um suporte que transferirá as cargas para apoios de alturas reguláveis. Os módulos poderão contar, ainda, com a possibilidade de serem empilhados, de acordo com a necessidade.

### **5.3 VIABILIDADE**

Os módulos, serão vendidos e implantados em diversos terrenos, como acontece com a *m-ch*, de Richard Horden, com a casa Diógene, de Renzo Piano e com o SYSTEM3, do escritório Olkruf, todas estudadas anteriormente. A sua forma, combinada com os materiais utilizados e processos construtivos de industrialização, deverão resultar em um módulo que tenha valor competitivo, além de praticidade e rapidez. Assim, poderão ser utilizados facilmente em todas, ou boa parte, das realidades mencionados no capítulo anterior.

### **5.5 ENSAIOS DE PROJETO**

Como ensaio de projeto, começou-se a pensar nas possibilidades de *layout*, levando em consideração a divisão do espaço em servidor e servido. O espaço deverá ser o mais integrado possível, evitando elementos que o dividam e diminuam sua área interna. Assim, considerou-se a possibilidade de utilizar-se de sistemas móveis, que corram por meio de trilhos, ou desmontáveis, que tenham suas partes retiradas uma a uma. Ainda considerou-se espaços com áreas servidoras fixas, que somente abram-se para a realização das atividades.

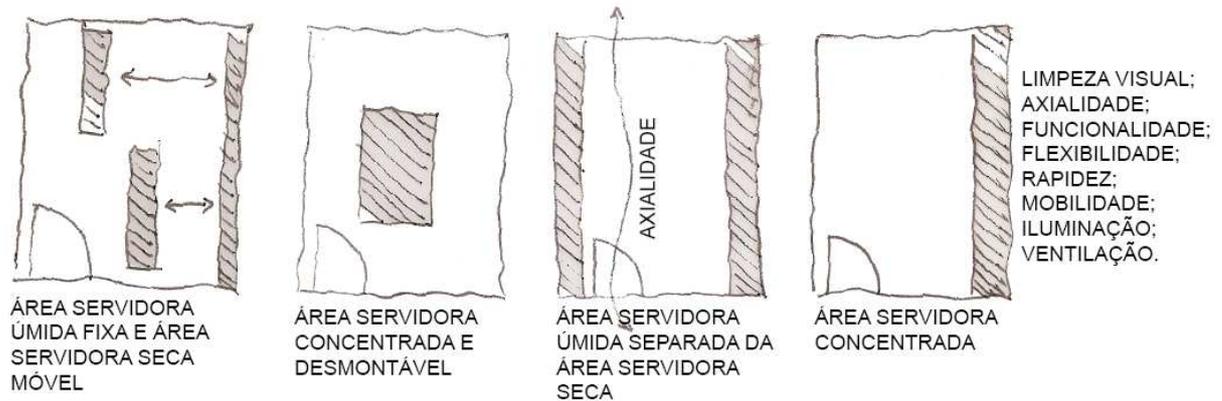


Figura 77: *Ensaio de Layout*. Fonte: da autora, 2013

Em todos os casos, entretanto, espera-se que o espaço tenha a maior limpeza visual possível, contando com princípios estudados anteriormente, como axialidade, funcionalidade, rapidez, flexibilidade, mobilidade, iluminação e ventilação. É importante deixar claro que o destaque destes elementos não elimina a importância dos outros, nem os desconsidera, apenas auxilia no processo de desenvolvimento projetual.

O módulo deve responder a diversas topografias e tipos de terrenos. Para isso, poderá ter um suporte independente de seu corpo, para que seja montado em loco, ou possuir um sistema de rolamento em seus apoios que permita que ele mesmo se mova, com auxílio de um agente externo.

Independente do tipo de apoio, ele deverá conter um sistema de regulagem de altura independente em cada uma de suas extremidades. O acesso poderá se dar de diversas maneiras, dependendo da implantação e do sítio. Ele será, também, um dos elementos a serem projetados.

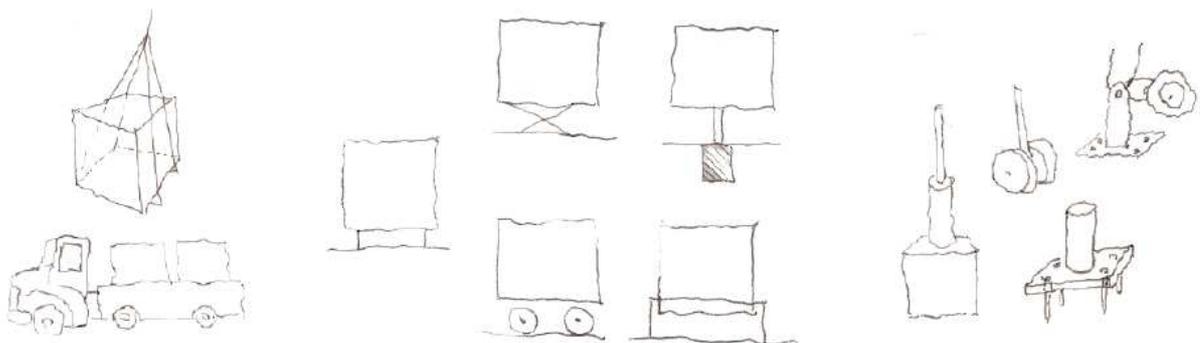


Figura 78: *Possibilidades de transporte e de apoio*. Fonte: da autora, 2013

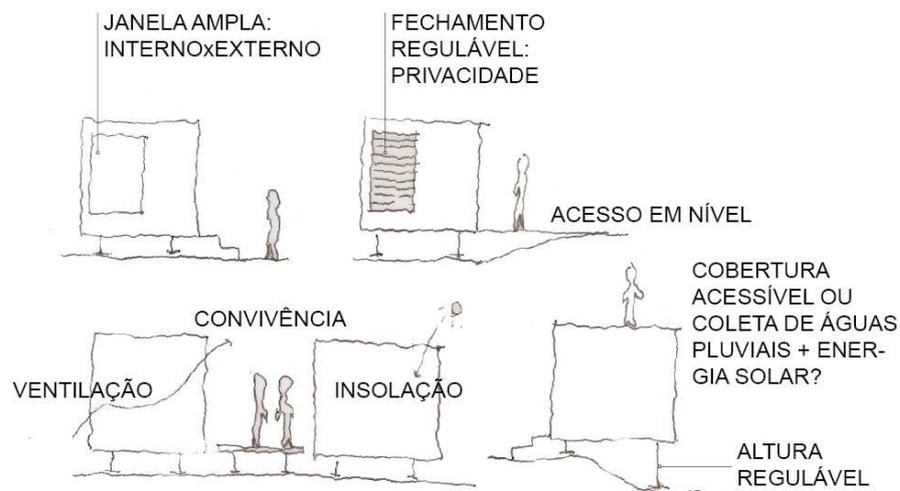


Figura 79: *Implantação e elementos estudados*. Fonte: da autora, 2013

As unidades deverão conter ainda uma área técnica, na qual estarão localizados elementos como caixas d'água, estações de tratamento, caixa de compostagem, reservatórios, sistemas mecânicos, baterias, conversores, etc. Essa área técnica poderá se localizar abaixo, acima ou em um dos lados da unidade.

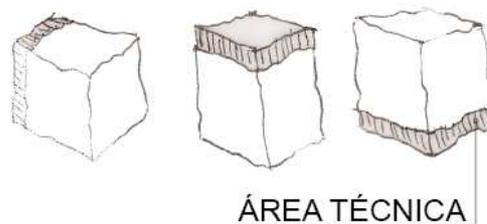


Figura 80: *Ensaio de Layout*. Fonte: da autora, 2013

Outro cuidado a ser tomado é com a estabilidade. Com área e peso reduzidos, os módulos poderão sofrer forças dos ventos que tendam a tirá-los no chão, dependendo da localização. Para que isso não ocorra, deverá ser estudada uma solução que diminua essa força, seja pela maior aproximação possível do solo, seja por algum elemento que funcione como barreira, seja por pequenas fundações ou sistemas de fixação.

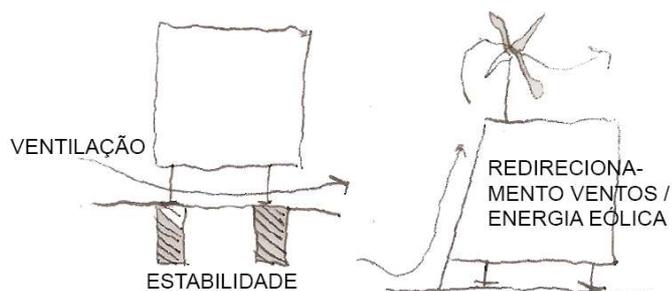


Figura 81: *Estabilidade*. Fonte: da autora, 2013

É interessante também que esses módulos possam ser empilháveis, para que possibilite a disposição de mais unidades em terrenos com baixa área de ocupação disponível.



Figura 82: *Ensaio de Layout*. Fonte: da autora, 2013

## 6. REFERÊNCIAS

### 6.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, C. M. **Casas: Pequenas, Modernas, Urbanas**. Loft, Barcelona, 2008.

BAICHE, B. **Neufert**. Singapura, Blackwell, 2000.

BAKER, G. H. **Analisis de la Forma**. México, G. Gili, 1991.

CHING, F. D. K. **Arquitetura: Forma, Espaço e Ordem**. São Paulo, Martins Fontes, 2008.

CHING, F. D. K. **Dicionário Visual de Arquitetura**. São Paulo, Martins Fontes, 2006.

COELHO, M. F. R. **Casa Azul: Construção Sustentável**. Brasília, Caixa Econômica Federal, 2010.

DURAN, S. C. **Casas Ecológicas**. Barcelona, Loft, 2007.

FERREIRA, J. J. A. **Referencial Técnico de Certificação: Processo Aqua**. CSTB, São Paulo, 2007.

HORST, S. **Leed Reference Guide**. Washington, U.S. Green Building Council, 2009.

JAY, F. **The Joy off Less: A Minimalist Living Guide**. Anja Press, 2010.

JODIDIO, P. **Architecture Now! 3**. Singapura, Taschen, 2005.

KRONENBURG, Robert. **Flexible: Architecture that Responds to Change**. Laurence King, London, 2007.

LEMOS, C. **Alvenaria Burguesa**. São Paulo, Nobel, 1985.

MASCARÓ, J. L. **O Custo das Decisões Arquitetônicas**. Porto Alegre, Masquatro Editora, 2010.

MIGUEL, J. M. C. **A Casa**. Londrina: UEL, 2003

NOVAES, S. C. **Habitações Indígenas**. São Paulo, Nobel, 1983.

- NYLANDER, O. **Architecture of the Home**. 1. ed. Great Britain, Wiley Academy, 2002.
- REIS, N. G. R. **Quadro da Arquitetura no Brasil**. São Paulo: 1987
- ROAF, S. **Ecohouse: A Casa Ambientalmente Sustentável**. Porto Alegre, Bookman, 2009.
- SCHLEIFER, S. **Book of Houses**. Espanha, Evergreen, 2009.
- SCHLEIFER, S. **Habitação de Baixo Custo**. FKG, Barcelona, 2011.
- SCHLEIFER, S. **Wood Houses**. Barcelona, Loft, 2009.
- SCHMID, A. L. **A Idéia de Conforto: reflexões sobre o ambiente construído**. Curitiba, Pacto Ambiental, 2005.
- SLAVID, R. **Micro Very Small Buildings**. London, Laurence King, 2009.
- OLSSON, S. **The Modernist House**. Nova Iorque, Phaidon, 2009.
- PAWSON, J. **Minimum**. Paidon, 1998.
- UNWIN, S. **Analysing Architecture**. Oxon, Routledge, 2009.
- ZEIGER, M. **Casas: Menos de 100m<sup>2</sup>**. Barcelona, Loft, 2010.

## 6.1 REFERÊNCIAS WEBGRÁFICAS

AKISHINO, J. K. **Investigação do Índice Pluviométrico em Curitiba-PR, entre 1924 e 2008**. XIV SICITE – UTFPR. Volume 1. Engenharia Civil. Disponível em: <[http://www.nacamura.com.br/sicite/sicite2009/artigos\\_sicite2009/237.pdf](http://www.nacamura.com.br/sicite/sicite2009/artigos_sicite2009/237.pdf)> Acesso em Julho de 2013.

ASSOCIAÇÃO Brasileira de Cimento Portland. Industrialização na Construção Civil com Construção Civil com Pré-Fabricados de Concreto. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/conteudo/imprensa/noticias/industrializacao-na-construcao-civil-com-pre-fabricados-de-concreto-abcp-e-abcic-oferecem-curso-para-capacitar-arquitetos-engenheiros-e-estudantes>> Acesso em Julho de 2013.

BBC News - Less is more: Simple Living in Small Spaces. **BBC News**, 28 de Dezembro de 2008. Disponível em: <[www.bbc.co.uk/news/magazine-16348594](http://www.bbc.co.uk/news/magazine-16348594)>. Acesso Abril de 2013.

BOGART, Cynthia. The Small House Movement is Here to Stay. **The Daily Basics**. Disponível em: <<http://thedailybasics.com/2013/01/the-small-house-movement-is-here-to-stay/>> Acesso em Maio de 2013.

CALLUMDOWIE. Folding Whare: Portable Disaster Relief Shelter. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=rFIKemy8ai4&list=PL89EA02CBB30ECC33>> Acesso em Maio de 2013.

COLIN, Silvio: Tipos e padrões da arquitetura civil colonial - II. **Coisas da Arquitetura**. Disponível em: <<http://coisasdaarquitetura.wordpress.com/2011/05/08/tipos-e-padroes-da-arquitetura-civil-colonial-ii/#more-2013>>. Acesso em: Maio de 2013.

COLOMBO, L. F. Arqutextos: A Casa Núcleo de Mies Van der Rohe – Um Projeto Teórico sobre a Habitação Essencial. **Vitruvius**. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arqutextos/11.130/3782>> Acesso em Julho de 2013.

COOLEY, S. MOMA's Home Delivery: Part Two. **Design:related**. Disponível em: <<http://www.designrelated.com/inspiration/view/Karen/entry/2589>> Acesso em Maio de 2013.

COPEL. Relatório Anual de Gestão e Sustentabilidade 2011. Disponível em: <[http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/relatorio2011/\\$FILE/RelAnual11.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/relatorio2011/$FILE/RelAnual11.pdf)> Acesso em Julho de 2013.

COUTO, A. B. Vantagens Produtivas e Ambientais da Pré-Fabricação. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade do Minho Campus de Azurém, Guimarães. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/8520/2/132.pdf>> Acesso em Julho de 2013.

CULTURA japonesa: Casas de chá. Disponível em: <[http://www.culturajaponesa.com.br/?page\\_id=534](http://www.culturajaponesa.com.br/?page_id=534)> Acesso em Maio de 2013.

DAILY Mail. See Transforming New York Apartment that fits eight rooms into Just 420 square feet. Daily Mail. Disponível em: <<http://www.dailymail.co.uk/news/article-2265438/Graham-Hill-See-transforming-New-York-apartment-fits-rooms-just-420-square-feet.html>> Acesso em Junho de 2013.

DE LIRA, J. T. C. Ruptura e construção: Gregori Warchavchik, 1917-1927. **SciELO**. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-33002007000200013](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-33002007000200013)> Acesso em: 10/05/2013.

EGGERTSSON, R.Box Home. **Rintala Eggertsson Architects**. Disponível em: <<http://www.ri-eg.com/2007/boxhome/>>. Acesso em Junho de 2013.

FAIR Companies. Extreme Transformer in Hong Kong: Gary Chang's 24 rooms in 1. **Fair Companies**. Disponível em: <<http://faircompanies.com/videos/view/extreme-transformer-in-hong-kong-gary-changs-24-rooms-in-1/>> Acesso em Junho de 2013.

FAIR Companies. Lego-Style Apartment Transforms into infinite Spaces. **Fair Companies**. Disponível em: <<http://faircompanies.com/videos/view/lego-style-apartment-transforms-into-infinite-spaces/>> Acesso Julho de 2013.

FEEL Desain. Temporary Living Caravan. **Feel Desain: The Creative Side**. Disponível em: <<http://www.feeldesain.com/markies-temporary-living-caravan.html>> Acesso em Junho de 2013.

FORTE, F. Como é o sistema para reaproveitar água da chuva. **Tratamento de água**. Disponível em:

<[http://www.tratamentodeagua.com.br/r10/Noticia\\_Detalhe.aspx?codigo=19642](http://www.tratamentodeagua.com.br/r10/Noticia_Detalhe.aspx?codigo=19642)>

Acesso Junho de 2013.

FREITAS, Arlene Maria S. & CRASTO, Renata Cristina M. **Manual de construção em aço – steel framing: arquitetura (desenhos técnicos incluídos)**. Rio de Janeiro: CBCA, 2006. 121p. Disponível em: <[http://www.cbca-ibs.org.br/nsite/site/acervo\\_item\\_listar\\_manuais\\_construcao.asp#130](http://www.cbca-ibs.org.br/nsite/site/acervo_item_listar_manuais_construcao.asp#130)>. Acesso em Junho de 2013.

FUTURENG. Durability of Cold Formed Steel Framing Members. Light Steel Framing. **Futureng**. Disponível em <<http://www.futureng.pt/durability-of-cold-formed-steel-framing-members>> Acesso em Junho de 2013.

GALITEV, T. Buildin Integrated Photovoltaics. Disponível em:

<<http://www.slideshare.net/galitev/what-is-bipv-building-integrated-photovoltaics>>

Acesso em Julho de 2013.

HESPUL. Building Integrated Photovoltaics - BIPV. **PVResources**. Disponível em: <<http://www.pvresources.com/BIPV.aspx>> Acesso em Julho de 2013.

KLETZSCH, S. Home Delivery. **Yatzer**. Disponível em:

<<http://www.yatzer.com/Home-Delivery>> Acesso em Maio de 2013.

LAVRAS, Cerne. Viabilidade Econômica do Tratamento Preservativo da Madeira.

Disponível em: <[http://www.dcf.ufla.br/cerne/artigos/10-02-](http://www.dcf.ufla.br/cerne/artigos/10-02-20096259v14_n2_artigo%2003.pdf)

[20096259v14\\_n2\\_artigo%2003.pdf](http://www.dcf.ufla.br/cerne/artigos/10-02-20096259v14_n2_artigo%2003.pdf)> Acesso em Junho de 2013.

MEGAN, S. AD Classics: Nakagin Capsule Tower / Kisho Kurokawa. **Archdaily**.

Disponível em: <<http://www.archdaily.com/110745/ad-classics-nakagin-capsule-tower-kisho-kurokawa/>> Acesso em Maio de 2013.

MELLO, C. W. **Avaliação de Sistemas Construtivos para Habitações de Interesse Social**. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004. Disponível em:

<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/4788/000460093.pdf?...1>> Acesso em Junho de 2013.

MAGALHÕES, F. The Metabolist Routine. **Domus**. Disponível em:  
<[http://www.domusweb.it/content/domusweb/en/architecture/2013/05/29/the\\_metabolist\\_routine.html](http://www.domusweb.it/content/domusweb/en/architecture/2013/05/29/the_metabolist_routine.html)> Acesso em Junho de 2013.

MOMA Videos. Installation Jornal: Micro Compact Home. **MoMA**. Disponível em:  
<<http://www.youtube.com/watch?v=AMdV8kj924U>> Acesso em Junho de 2013.

NEVES, S. C. M. **Estudo da Aplicabilidade de Sistemas Construtivos no Desempenho da Sustentabilidade na Engenharia Civil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa, 2011. Disponível em:  
<<https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/1037602/1/Dissertacao%20SMN%20Final.pdf>> Acesso em Junho de 2013.

ONE King Design. Lego-Style 24 Square Meters in Barcelona. Disponível em:  
<<http://www.onekindesign.com/2012/10/12/lego-style-24-square-meters-apartment-in-barcelona/>> Acesso em Julho de 2013.

ONIX. Photovoltaic Building Materials. Disponível em:  
<<http://es.slideshare.net/onyxsolar/bipv-onyx-solar-corporate-brochure>> Acesso em Julho de 2013.

SEGRE, R. Arquitectos: O Resgate do Modernismo Alternativo. **Vitruvius**. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitectos/09.100/109>> Acesso em Maio de 2013.

SINDUSCON. Madeira: Uso Sustentável na Construção Civil. **UNESP**. Disponível em:  
<<http://www.fca.unesp.br/Home/Extensao/GrupoTimbo/manualUsodaMadeira.pdf>> Acesso em Julho de 2013.

### 6.3 OUTRAS REFERÊNCIAS

Arquitetura & Aço. **Construção Sustentável**. Arquitetura e Urbanismo, Junho de 2012, n. 30.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em áreas urbanas. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

BRASIL. **Lei n. 11.445**, de 05 de janeiro de 2007. Diário Oficial [da] da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.

FILHO, Werner Wind. **Casa do Estudante da UFPR**. Tema final de graduação (Arquitetura e Urbanismo) – Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

IWAKIRI. V. T. **Pavilhão de Madeira para a Biodiversidade**. Tema Final de Graduação (Arquitetura e Urbanismo) - Setor de Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

LAROCCA, C. Desenvolvimento **de protótipo de habitação social em madeira de reflorestamento e avaliação do desempenho termo-acústico**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

OLIVEIRA, Lúcia Helena de; CAMPOS, Luiza C.;\_\_\_\_\_. **NBR 15527**: Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em áreas urbanas. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

RAIN HARVESTING COMPANY. Guia de Produtos: Edição Brasil 2010. Brasil, 2010. Catálogo. Arquitectura Viva. Casas **Lejanas: Industria y naturaleza, habitar en los limites**. Arquitetura e Urbanismo, Madrid, n. 139.

Sabbatini, Fernando Henrique. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia**. Tese de Doutorado, USP-PCC, São Paulo (1989), 336p

TAMANINI, D. A., **Indicação de Exemplos para Aplicação em Projetos Bioclimáticos**. 2009.