

A Pré-fabricação e o Projeto de Arquitetura

MARIANA DE ARAUJO RIBEIRO FONYAT

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

FACULDADE DE ARQUITETURA

PROPAR - PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

FACULDADE DE ARQUITETURA



PROPAPAR - PROGRAMA DE PESQUISA
E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA

A Pré-fabricação e o Projeto de Arquitetura

MARIANA DE ARAUJO RIBEIRO FONYAT

Dissertação apresentada como requisito
para a obtenção de título de Mestre em arquitetura

Porto Alegre, maio de 2013

ORIENTADOR:

Prof. Ph.D. Arq. EDSON DA CUNHA MAHFUZ

AGRADECIMENTOS

Ao PROPAR, pela concedência da oportunidade de viabilizar essa dissertação.

Ao orientador e mestre Mahfuz, pela atenção e auxílio.

Aos meus pais, Maria Izabel e Carlos, por terem me ensinado a persistir em busca dos meus objetivos. E ao Eduardo, meu irmão, e à Renata, minha cunhada, pelo constante incentivo.

A todos os amigos que compartilharam comigo o período de elaboração deste trabalho. Em especial às queridas Josy, Paula e Pati, pela parceria e pelo apoio.

Ao amado Gabriel, pelo companheirismo de sempre.

RESUMO

A pré-fabricação na arquitetura ainda costuma ser associada à monotonia, repetição, rigidez, e, sobretudo, impossibilidade de participação dos usuários na concepção do produto. Em contraponto a essas associações, dentro de um contexto de expansão global dos sistemas industrializados destinados à construção civil, esse trabalho se propõe a investigar distintas maneiras de aplicar métodos pré-fabricados ao projeto arquitetônico.

Faz-se aqui uma análise de três diferentes lógicas de seriação e flexibilização utilizadas na produção industrial: o Sistema Fechado, o Sistema Aberto e o Sistema Flexibilizado, buscando-se identificar as formas de cada um relacionar-se com o exercício de projeto e em que resultam ou poderiam resultar as diferentes lógicas de seriação e individualização.

Objetivando-se identificar os fatores que conferem identidade aos projetos face ao emprego de métodos construtivos pré-fabricados, adotou-se, para estudos de caso, a arquitetura de moradia. Tipologia essa que apresenta as relações de maior conflito entre individualização e produção seriada.

Palavras-chave: Pré-fabricação; Individualização; Habitação; Moradia; Ciclo Fechado; Ciclo Aberto; Ciclo Flexibilizado.

ABSTRACT

Prefabrication in architecture is still associated to boredom, repetition, inflexibility and, mainly, to an impossibility of having users' participation in the product design.

As a counterweight to these associations, within a context of global development of industrialized systems in urban construction, this dissertation proposes an investigation of different ways to apply prefabricated methods to architectural project.

Here I do an analysis of three different approaches to serialization and flexibilization used in the industrial production: the Closed System, the Open System and the Flexibilized System, trying to identify the way in which each system relates to the execution of the project. I also look at possible results of these different approaches to serialization and individualization.

Aiming at specifying the elements which grant identity to the project in terms of the employment of prefabricated building methods, we adopted the housing architecture as case study, since this kind of architecture is the one which presents the biggest conflicting relations between individualization and serialized production.

Key words: Prefabrication; Individualization; Housing; Home; Closed System; Open System; Flexibilized System.

SUMÁRIO

13	1 INTRODUÇÃO
19	2 CONTEXTO HISTÓRICO
19	2.1 ASPECTOS HISTÓRICOS DA INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO
40	2.2 ASPECTOS HISTÓRICOS DA ARQUITETURA INDUSTRIALIZADA
85	3 FUNDAMENTOS DE PROJETO COM ELEMENTOS INDUSTRIALIZADOS
89	4 SISTEMAS PRÉ-FABRICADOS
93	4.1 CICLO FECHADO
96	4.2 CICLO ABERTO
107	4.3 CICLO FLEXIBILIZADO
111	5 ESTUDOS DE CASO
121	5.1 CICLO FECHADO
121	5.1.1 <i>Micro-compact home</i>
136	5.2 CICLO ABERTO
136	5.2.1 <i>System3</i>
150	5.2.2 <i>Cellophane house</i>
157	5.3 CICLO FLEXIBILIZADO
157	5.3.1 <i>Burst*008</i>
161	5.3.2 <i>Digitally fabricated housing for new orleans</i>
189	6 CONSIDERAÇÕES FINAIS
190	BIBLIOGRAFIA
193	CRÉDITOS DAS IMAGENS

1 INTRODUÇÃO

É fato que a industrialização foi um dos elementos primordiais do acontecimento da sociedade moderna. No século XIX, quando edifícios inteiros já estavam sendo fabricados em forma de kit e enviados para as colônias e zonas de guerra em todo o mundo, enormes populações concentraram-se nos grandes centros urbanos atraídas pelas promessas de emprego, entretenimento e conforto – transporte, iluminação pública, alimentos – a baixos custos, graças às máquinas. Essa massificação das cidades provocou a necessidade de expansão da construção de habitações, de maneira rápida e barata. Assim, a produção industrial baseada essencialmente em processos organizativos capitalistas, de natureza repetitiva¹ – a fim de otimizar os ciclos de reprodução do capital, com a chamada economia de escala e com rotinas de planejamento, fabricação e distribuição – foi a solução encontrada para resolver esse problema. Empregaram-se modelos construtivos identificados como monótonos, rígidos e inflexíveis, que demonstravam impossibilidade de participação dos usuários na concepção do produto, carregando os mesmos traços do homem que compunha essa sociedade de massa: despersonalizado, transformado em bem de consumo, desprovido de individualidade.

Nos primeiros anos do século XX, a industrialização já havia transformado os padrões de vida e gerado novas estruturas econômicas e centros de poder. A partir disso, a arquitetura, que até então se voltava, de modo geral, à igreja, à aristocracia e ao Estado, passa a preocupar-se com as aspirações da nova classe média. Na Europa, arquitetos que acreditavam no mito progressista de atingir uma sociedade justa e racional trabalharam para implantar a cultura industrial associada à flexibilidade em seus projetos. O pensamento arquitetônico moderno preocupava-se com a possibilidade de criar formas que não fossem pastiches de estilos passados, mas expressões genuínas do presente, e a industrialização foi considerada o caminho ideal para racionalizar o processo de

¹ BRUNA, Paulo. *Arquitetura, Industrialização e Desenvolvimento*. 2ª ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 2002.

construção, obter economias de escala e trazer boa arquitetura para as massas. Os primeiros arquitetos modernistas, como Jean Prouvé, Le Corbusier, Walter Gropius, Mies van der Rohe, Alvar Aalto, e JJP Oud, colocaram a casa pré-fabricada no centro do seu programa de reformas, tendo o período de enorme criatividade cultural entre as duas guerras mundiais, principalmente na Europa, trazido muitas experiências diante desse tema.

Após a Segunda Guerra Mundial, porém, a necessidade de reconstrução global das cidades, caracterizada pela extraordinária demanda de construções – habitações, escolas, hospitais, indústrias, pontes etc. –, novamente gerou a aplicação, agora em escala ainda maior, daquele modelo de construção inflexível, desprovido de caráter individual.

Fundamentado na noção da repetição e impondo a disciplina da série, o capitalismo industrial foi criado pela própria burguesia oitocentista que valoriza a ideia de indivíduo – de que cada ser humano é dito único, com potenciais e talentos particulares. A partir da segunda metade do século XX, quando o conceito da massificação já estava consolidado na sociedade industrial – nesse período ocorre um crescimento significativo da fabricação de bens de consumo nos países já então abastecidos de parques industriais em desenvolvimento –, surge a busca pelo original. A expressão da singularidade passa a acontecer através de determinados conjuntos de produtos seriados reunidos pelos usuários a partir das ofertas. Então, a indústria cria maneiras de reunir produção seriada e uso potencialmente individualizado, ainda que isso não ocorra em prol do indivíduo, mas pelo estímulo ao consumo. Nesse período aparecem na Europa Ocidental e nos EUA vários sistemas de objetos combináveis pelo usuário. Na década de 1950 é criado o brinquedo Lego, a fábrica sueca Ikea lança sua primeira linha de móveis modulados, a indústria da moda passa a operar com o *prêt-à-porter*², e a indústria automobilística expande as possibilidades de escolha de modelos, cores e acessórios, antes reservada aos carros de luxo – fabricados artesanalmente e sob encomenda –, para o universo dos carros

2 O termo, atribuído ao estilista francês J. C. Weil, refere-se à criação de roupas em escala industrial, de boa qualidade, praticidade, variedade de estilo, com a assinatura do seu criador e, geralmente, à venda em lojas de departamento.

populares. As séries produzidas deixam de ser “naturais” (de objetos idênticos), para tornarem-se “analógicas” (de objetos semelhantes com variação de cor, dimensão, dosagem etc.) e compostas ou integráveis entre si.

Nesse estudo adotou-se como cenário tais relações de articulação entre produção seriada de bens de consumo e individualização para abordar a questão do projeto arquitetônico com a utilização de ferramentas e da lógica da pré-fabricação: para a valorização de um capital industrial em particular, a fabricação em série de mercadorias idênticas tende a ser mais vantajosa, mas para o conjunto de todos os capitais industriais, ao longo do tempo, a individualização do produto final é um recurso preciso para instigar, sustentar e crescer o consumo. Percebendo esse fato, a indústria vem resolvendo com agilidade os problemas produtivos dessas mercadorias (não as voltadas para a construção civil) por meio da injeção de capitais em inovações técnicas capazes de viabilizar a expressão da singularidade.

A evolução da pré-fabricação de componentes que integram os sistemas construtivos sempre esteve atrasada em relação à produção das outras mercadorias. O lento desenvolvimento das formas modernas de produção industrial para esse caso também se deve, entre outras coisas, ao desentrosamento entre arquitetura e indústria, principalmente dentro do setor destinado à construção habitacional, que possui características próprias que contribuem com obstáculos para a penetração do modo de produção capitalista.

Porém, a partir do final da década de 1980, a formulação de novas políticas alternativas que, nas diferentes conjunturas econômicas, passaram a viabilizar avanços tecnológicos e ocasionaram mudanças das práticas e dos sistemas construtivos, com repercussões na oferta e no preço. Esses progressos nas técnicas de fabricação sucederam na produção de peças cada vez mais leves, resistentes e com diferentes formatos, especificidades e tamanhos.

A arquitetura, então, apropriando-se desses avanços, vive um período de retomada do interesse pela industrialização da construção. Além das novas

tecnologias de design, corte e montagem, a crescente preocupação social com questões como a sustentabilidade e o crescimento da população global estão impulsionando a pré-fabricação.

Dentro do contexto de expansão global dos sistemas pré-fabricados, esta pesquisa se propõe a investigar as influências da pré-fabricação na elaboração do projeto de arquitetura. Visa identificar os fatores que conferem identidade aos projetos face ao emprego de sistemas construtivos produzidos em escala industrial, examinando possibilidades e graus de autonomia que uma cultura material seriada pode oferecer ao usuário.

A exposição inicia com uma abordagem de aspectos históricos referentes às relações da indústria com a construção e com a arquitetura, dividindo-se em dois subcapítulos. O primeiro aborda a tecnologia de industrialização, desenvolvimento e impacto na sociedade. Discute a pré-fabricação como conceito. Já o segundo ilustra a história da pré-fabricação de uma perspectiva arquitetônica, do amadurecimento da profissão simultaneamente com a Revolução Industrial e com o Movimento Moderno, e da pré-fabricação enraizada na cultura do projeto arquitetônico.

O terceiro capítulo, denominado Fundamentos de Projeto com Elementos Industrializados, aborda aprendizados adquiridos para aplicação da pré-fabricação no projeto arquitetônico atual, por meio de aspectos históricos relatados no segundo capítulo, os quais revelam fracassos e sucessos que provaram ser grandes oportunidades para aperfeiçoamento.

Procurando avançar nessas questões, no quarto capítulo faz-se uma análise de três diferentes lógicas de seriação e flexibilização utilizadas na produção industrial: o Sistema Fechado, o Sistema Aberto e o Sistema Flexibilizado, verificando-se quais são as diferenças fundamentais entre esses processos e as formas de cada um relacionar-se com o exercício de projeto arquitetônico. E para examinar em que resultam ou poderiam resultar as diferentes lógicas de seriação e individualização, esses sistemas são exemplificados no quinto

capítulo, o qual apresenta estudos de casos contemporâneos aplicados à arquitetura de moradia, tipologia que apresenta as relações de maior conflito entre individualização e produção seriada.

O significado dessa empreitada não é meramente conceitual. Deriva da verificação de que a pré-fabricação na arquitetura pode ser uma alternativa pertinente à construção convencional, amenizando o pesado trabalho de canteiro que ela envolve, reduzindo impactos ambientais e oferecendo aos usuários mais autonomia de decisão sobre seu próprio espaço e facilidade de modificar esse espaço ao longo do tempo. A identificação dos atributos que possibilitam a manutenção da identidade em um sistema de produção industrial abre caminho para a evolução do projeto de arquitetura que emprega a pré-fabricação, permitindo a descrição de uma genealogia de decisões de projeto.

2 CONTEXTO HISTÓRICO

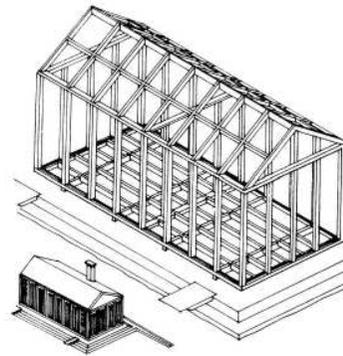
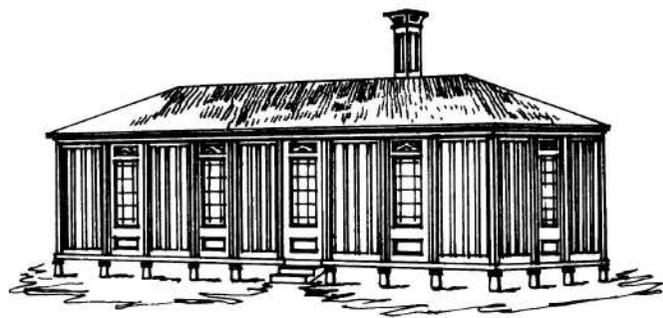
Este capítulo, com enfoque nos aspectos históricos referentes à ligação da indústria com a arquitetura e com a construção, foi dividido em dois tópicos. O primeiro, denominado Aspectos Históricos da Industrialização da Construção, aborda a tecnologia de industrialização, seu desenvolvimento e impacto na sociedade e apresenta a compreensão da pré-fabricação como conceito. Já o segundo, Aspectos Históricos da Arquitetura Industrializada, ilustra a história da pré-fabricação de uma perspectiva arquitetônica, do amadurecimento da profissão simultaneamente com a Revolução Industrial e com o Movimento Moderno, e da pré-fabricação enraizada na cultura do projeto arquitetônico.

2.1 ASPECTOS HISTÓRICOS DA INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

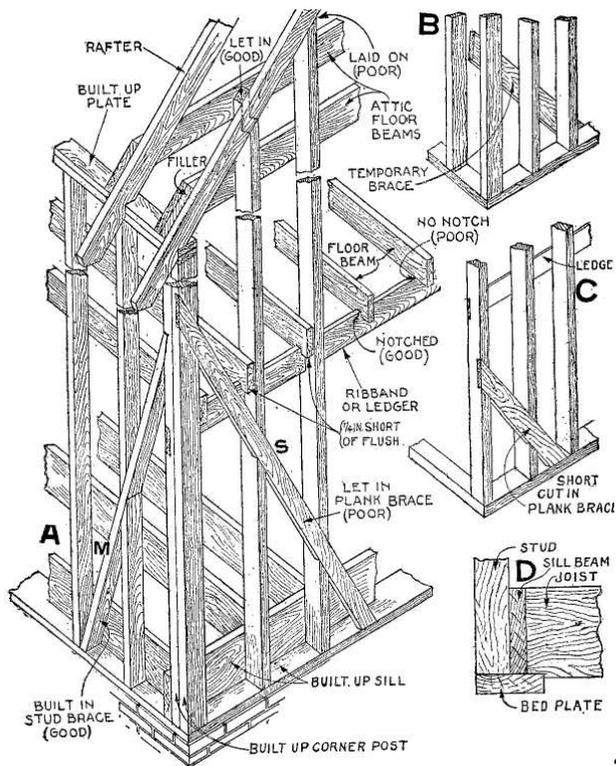
As raízes históricas da presença da indústria na construção têm início na Revolução Industrial. Do século XVII ao XIX, a pré-fabricação foi utilizada com sucesso quando da expansão da Grã-Bretanha em suas colônias internacionais. Estruturas de casas, igrejas e edifícios comerciais foram elaboradas em madeira e ferro para serem enviadas e montadas na Austrália, Nova Zelândia, Índia, Canadá, nos Estados Unidos e em outros cantos do império. As colônias necessitavam de uma iniciativa de construção rápida. E uma vez que os britânicos não estavam familiarizados com muitos dos materiais em abundância nesses países, os componentes foram fabricados na Inglaterra e enviados por barco para esses locais. O mais antigo dos casos registrados foi em 1624, quando casas foram preparadas no país colonizador e enviadas para o vilarejo pesqueiro de Cape Anne, que atualmente é uma cidade em Massachusetts.¹

Em 1830, H. John Manning, carpinteiro e construtor inglês, projetou uma casa pré-fabricada para seu filho, um dos muitos europeus que emigraram para

¹ ARIEFF, A.; BURKHART, B. *Prefab.* Layton: Gibbs Smith, 2002.



1



2

Figura 1: A Casa Colonial Portátil para Emigrantes desenvolvida por Manning.

Figura 2: Desenho mostrando a estrutura de uma casa com o uso do sistema tipo Balloon Frame.

a Austrália. Buscando atingir facilidade de montagem e transporte, conforto e economia, propôs um sistema estrutural de ripas de madeira entalhadas e aparafusadas, com fechamentos em painéis também em madeira. Todos os elementos da edificação foram pensados para estar cuidadosamente coordenados. De acordo com Herbert, “o sistema de Manning renunciou os conceitos essenciais de pré-fabricação, coordenação dimensional e padronização”².

A Casa Colonial Portátil de Manning foi a solução utilizada para muitos assentamentos britânicos ao longo do século XIX.

Segundo Ryan Smith³, presume-se que a arquitetura pré-fabricada em madeira da Grã-Bretanha foi precursora da prática do *Balloon Frame*, ou “Estrutura Tipo Balão”, na América do Norte. Esse sistema consiste em pranchas delgadas uniformes, conectadas por pregos, formando uma casca estrutural. Trata-se de um modelo construtivo no qual não há a tradicional hierarquia de elementos principais e secundários. Todas as peças possuem igual importância e o peso da estrutura é equilibradamente distribuído. O *Balloon Frame* transforma a produção de casas em uma prática rápida, que poderia ser executada por poucas pessoas. Desta maneira, foi possível um crescimento acelerado e em um curto período de cidades como Chicago e São Francisco. O primeiro edifício usando esse tipo de estrutura foi, provavelmente, um armazém construído em 1832 por George Washington Snow, em Chicago. No ano seguinte, em uma cidade próxima, Fort Dearborn, Agostinho Taylor edificou a Igreja de St. Mary usando o mesmo sistema. A partir daí, edifícios foram erguidos tão rapidamente que Chicago foi quase inteiramente construída de quadros *Balloon Frame* antes do incêndio de 1871.⁴

Segundo Smith, outra contribuição do movimento britânico colonial foi o emprego de ferro industrializado para a construção civil. Comparadas às estruturas pré-fabricadas em madeira, a construção de ferro não era tão extensa, mas gerou o início do movimento de aço estrutural.⁵

2 HERBERT, G. *Pioneers of Prefabrication: The British Contribution in the Nineteenth Century*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1978. p. 11-12.

3 SMITH, Ryan E. *Prefab architecture: a guide to modular design and construction*. John Wiley & Sons, Inc, 2010.

4 DAVES, C. *The Prefabricated Home*. Londres: Reaktion Books, 2005.

5 HERBERT, op. cit.

Um dos primeiros empregos do ferro para o setor da construção no Reino Unido foi nas estruturas para pontes. A Ponte da Companhia Coalbrookdale, 1807, quase inteiramente pré-fabricada e montada no local, serviu de exemplo para uma série de outras edificações semelhantes. Peças começaram a se tornar cada vez mais padronizadas, lançadas repetidas vezes no projeto e enviadas para o local, onde a estrutura era erguida por um número cada vez menor de trabalhadores, que não necessitavam ser tão qualificados quanto para a moldagem no local. Isso acarretou uma economia de tempo e custo em comparação a construção tradicional de madeira artesanal ou alvenaria. A empresa Horseley Iron Works, da área de Tipton, condado de Staffordshire, na Inglaterra, construiu algumas das pontes de ferro pré-fabricadas mais famosas da Inglaterra, principalmente no Canal Oxford, e foi a primeira a produzir navios de ferro a vapor, que foram concebidos, com chapas grossas rebitadas, para ser montados, desmontados e remontados. Outra fábrica, igualmente inglesa, chamada William Fairbairn, em meados do ano 1800, construiu barcos de “acomodação”, agora conhecidos como navios de cruzeiro, e mais tarde transferiu esta tecnologia para a construção de edifícios pré-fabricados com chapas de ferro.⁶

A tecnologia do ferro fundido foi a precursora da construção em aço estrutural da contemporaneidade. Além de pontes, navios, faróis e edifícios, o uso mais extenso do material foi realizado na estrutura padronizada do Palácio de Cristal, erguida para abrigar a Exposição Universal de Londres de 1851. Idealizado por Paxton, Fox & Henderson, o projeto da edificação, que durou nove meses para ser construída, apoiou-se na ideia da repetição de elementos pré-fabricados, que poderiam ser produzidos em série, tomando como base o módulo de oito pés (2,40m) e os múltiplos desse número para determinar as posições e dimensões de todas as peças. Como descreve Bruna:

6 HERBERT, G. *Pioneers of Prefabrication: The British Contribution in the Nineteenth Century*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1978.



3

Figura 3: Iron Bridge, primeira ponte a ser construída com ferro fundido.



4

Figura 4: Placa na Richmond Railway Bridge da fabricante Horseley Ironworks.

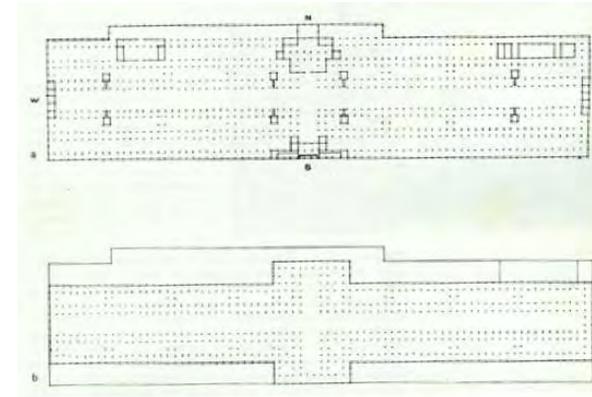
Construtivamente o Palácio de Cristal representa uma síntese de componentes estudados separadamente e coordenados entre si por uma rede modular; O espaço resultante da somatória de elementos padronizados e industrializados era o fruto perfeito da tecnologia empregada e do estudo racional dos vínculos, dos limites econômicos e de tempo, dos condicionantes técnicos de produção e montagem isolados de toda problemática estética e formal. O Palácio de Cristal na sua integridade de obra de arte exprime a essência do próprio tempo, antecipando de cem anos a problemática que os arquitetos e engenheiros de após-guerra na Europa deveriam enfrentar com a industrialização da construção.⁷

Depois da exposição, a estrutura foi desmontada e remontada em Sydenham, ao sul de Londres, onde ficou até o incêndio que a destruiu em 1937. Com comprimento total de 563 metros, o Palácio de Cristal inaugura uma série de edifícios de ferro e vidro, peculiares pela transparência e leveza e, sobretudo, por sua condição inusitada de montagens e desmontagens em arquiteturas de grande escala. Ele não foi o primeiro edifício a utilizar o ferro fundido em sua construção, mas, a exemplo do que representou a Casa Portátil de Manning para a estrutura pré-fabricada de madeira, acabou virando símbolo do uso desse material. O grande número de componentes e os detalhes dessa edificação são bastante surpreendentes, considerando a época em que foi realizada. Além disso, é importante porque representa uma nova maneira de entendimento de projeto entre os arquitetos. Os parâmetros para desenvolvimento do projeto de Paxton estavam mais voltados para a engenharia, a fabricação e o processo de montagem, do que para as tradicionais referências estéticas.

O início do século XIX também marcou mais uma inovação em metal: o surgimento do ferro corrugado. Embora a pré-fabricação de quadros estruturais já estivesse relativamente bem desenvolvida nessa época, fechamentos pré-fabricados de fachada e cobertura ainda eram subdesenvolvidos, e esse material se mostrou estruturalmente eficiente para telhados e paredes. Richard

7 BRUNA, Paulo. *Arquitetura, Industrialização e Desenvolvimento*. 2ª ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 2002. p. 42.

Figura 5: Plantas Baixas do Palácio de Cristal.



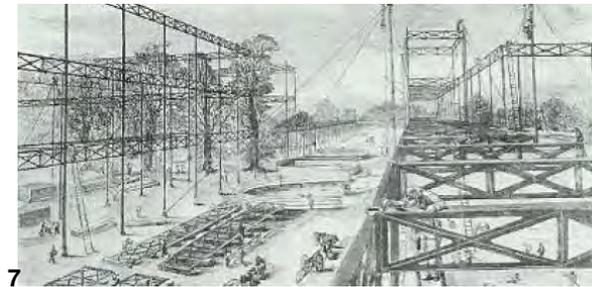
5

Figura 6: Perspectiva externa do Palácio de Cristal.



6

Figura 7: Palácio de Cristal, montagem do Pavilhão.



7

Figura 8: Perspectiva interna do Palácio de Cristal.



8

Figura 9: Palácio de Cristal, estrutura metálica sendo içada com o auxílio de cavalos.



9

Figura 10: Palácio de Cristal, perspectiva da montagem do Pavilhão.



10

Walker, em 1832, observou o potencial de ferro corrugado para edifícios portáteis destinados à exportação, e sua empresa, Richard Walker & Sons, foi uma das primeiras a utilizar a industrialização do material para esse fim.⁸

O ferro corrugado, que também teve um grande impacto sobre a proliferação de barracas durante a Segunda Guerra Mundial, foi empregado em grande escala na Corrida do Ouro da Califórnia, que começou em 24 de janeiro de 1848, com a descoberta de ouro em Sutter's Mill. Cerca de 300 mil pessoas, oriundas do restante dos Estados Unidos e do exterior, acorreram à Califórnia, e surgiu a demanda urgente por habitação. Os empresários da Costa Leste responderam usando a mais recente tecnologia da Inglaterra: venderam mais de 500 *kits* de casas desenvolvidas em ferro ondulado. Muitas dessas edificações foram anunciadas em revistas e outras publicações para que clientes pudessem encomendar o abrigo de sua escolha.⁹

E o uso das “casas kit” vendidas através de catálogo não cessou com a Corrida do Ouro. Na virada do século XX, em meio à Revolução Industrial, foi tornando-se prática comum encomendar esse tipo de casa pré-fabricada. Com a veloz expansão dos Estados Unidos para o Ocidente, havia uma necessidade urgente de habitação rápida, acessível e de fácil construção. Em 1906 a empresa americana Alladin Ready Cut, fundada pelos irmãos W. J. e O. E. Sovereign, foi a primeira a oferecer um produto deste gênero. Seguindo o exemplo da indústria naval, que oferecia barcos que poderiam ser comprados em *kits* para montar, a companhia acreditava que o setor imobiliário poderia se beneficiar do mesmo conceito. Criou o sistema chamado *Ready-Cut*, em que todas as peças necessárias para construir uma casa vinham pré-cortadas e numeradas. Esse processo acarretou na redução do desperdício associado ao enquadramento no local, aumentou a velocidade de produção e melhorou a precisão da construção¹⁰.

Apesar de a Alladin ter sido pioneira desse sistema de produção, a empresa mais conhecida a exercer essa atividade foi a Sears Roebuck of Newark. O

8 MORNEMENT, A. ; HOLLOWAY, S. *Corrugated Iron: building on the frontier*. Singapura: W.W. Norton & Company, 2007.

9 PETERSON, C. Prefabs in the California Gold Rush, 1849. *Journal of the Society of Architecture Historians*. v.24, n. 04. p. 318-324. Dec. 1965.

10 REIFF, D.D. *House from Books: treatises, pattern books, and catalogs in American architecture, 1738-1950, a history and guide*. University Park: The Pennsylvania State Press, 2000.

Figura 11: Uma das aplicações mais comuns do ferro ondulado foi durante a Segunda Guerra Mundial pelos exércitos britânico e norte-americano.

11

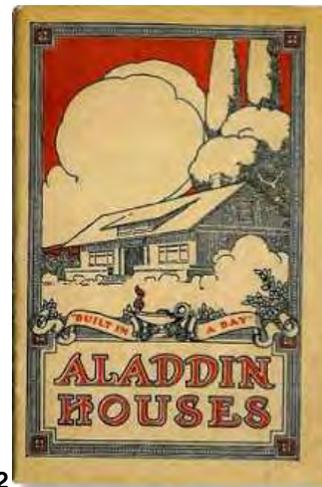


sucesso da companhia era em grande parte devido à sua capacidade de oferecer uma variedade de opções de moradia com custos distintos. Os projetos seguiam estilos tradicionais aceitos popularmente pela sociedade americana sem uma busca formal ou funcional inovadora. Não se diferenciavam visualmente das casas em geral, o que contribuiu para sua aceitação e seu sucesso comercial. O kit transportado por rede ferroviária trazia estrutura de madeiras pré-cortadas, janelas, portas, painéis de vedação e telhas. Os Pregos e a pintura eram oferecidos à parte. Encanamentos, sistema de aquecimento, fiações e, mais tarde, painéis de gesso acartonado consistiam em itens opcionais. Também era oferecida a mobília para as casas, que podiam contar com serviços de supervisão da loja.¹¹

Assim como a Sears e a Alladin, outras empresas norte-americanas investiram na produção de casas pré-fabricadas ao gosto popular, tendo como fator estimulante o advento do processo da linha de montagem, no início do século XX, por Henry Ford, o qual proporcionou rapidez de produção aliada a maior qualidade e menores custos para automóveis. Essa técnica de fabricação foi transferida para a indústria da habitação e, em 1910, um número considerável de corporações começou a oferecer casas pré-fabricadas com variedade de modelos, seguindo os princípios fordistas de normalização e produção em massa, e o conceito de padronizar os elementos de conexão a fim de garantir a intercambialidade, que se refere à capacidade de utilizar a mesma peça em um certo número de produtos finais diferentes. A linha de montagem fordista passou a ser o modelo de produção da época. Os produtos industriais, como automóveis, sapatos, eletrodomésticos, roupas etc., com mais ou menos tecnologia, passaram a ser produzidos com o sistema de Ford.¹² Este tempo de inovação foi a primeira mudança de paradigma importante para a transferência da produção de edifícios do local para a fábrica. Posteriormente, devido à Grande Depressão e à crise imobiliária dos anos 1920 e 1930, essas companhias que desenvolveram as “casas kit” tiraram os seus catálogos de

11 SMITH, Ryan E. *Prefab architecture: a guide to modular design and construction*. John Wiley & Sons, Inc, 2010.

12 Idem



12

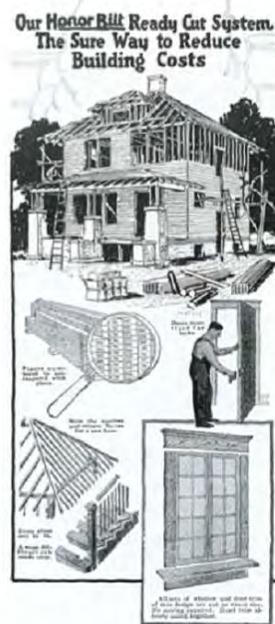


13

Figura 12: Capa do catálogo de casas Alladin.

Figura 13: Capa do catálogo de casas Sears.

Figura 14: Página do catálogo de casas Sears.



14

Figura 15: Casas Sears construídas entre 1904-5 em Madison, Indiana, compradas por U\$ 1.700,00 e U\$ 1.900,00. Foto de 1979.



15

circulação. Apesar de este período não ter sido caracterizado pelas grandes iniciativas para atender às massas habitacionais, estratégias de marketing e sucesso empresarial que marcaram os primeiros anos do século XX, exibiu uma larga experiência prototípica para casas que testaram a produção em massa fordista, com tecnologia proveniente das indústrias automotiva e naval na construção civil.¹³

Para a pré-fabricação da construção civil, a contribuição dessas empresas produtoras de “casas kit”, que não pretendiam inovar no que diz respeito ao projeto arquitetônico – a arquitetura habitacional nos Estados Unidos das primeiras décadas do século XX foi marcada pelo uso de acabamentos que trabalhavam para esconder seu método de produção –, foi a eficiente prestação de serviços, disponibilizando acessibilidade e variedade de produtos padronizados para o consumidor através do uso de forte estratégia de marketing.¹⁴

Em 1930, pré-fabricar edificações já não era mais uma novidade. As inovações estavam nos avanços dos processos industriais, no surgimento de novos materiais e nas ideias da arquitetura moderna, com ênfase em formas retilíneas, lisas, superfícies sem ornamentos com função decorativa e eficiência funcional. Ao final dos anos 1920, o conceito de “máquina de morar” desenvolvido por Le Corbusier, que será discutido no subcapítulo 2.2, havia reforçado a ideia surgida a partir dos preceitos de Ford: a chance de produzir casas em massa.

Entre os primeiros a explorar essa oportunidade estava o visionário engenheiro e arquiteto alemão R. Buckminster Fuller. Preocupado com o problema do déficit de moradias, projetou, em 1928, a *Dymaxion House*, uma unidade hexagonal elevada do solo por um pilar central e cabos de aço. A ideia da pré-fabricação, transporte e montagem justificou a escolha do alumínio como material, que contribuiu para que o peso da casa fosse muito pouco quando comparado ao das casas tradicionais de mesmo porte. Dois protótipos foram produzidos, e mais de trinta mil pessoas se mostraram interessadas em possuir uma unidade dessa invenção, porém, Fuller não conseguiu levantar a verba

13 SMITH, Ryan E. *Prefab architecture: a guide to modular design and construction*. John Wiley & Sons, Inc, 2010.

14 BERGDOLL, B. *Home Delivery: Fabricating the Modern Dwelling (Home Delivery: Viscidities of a Modernist Dream from Taylorized Serial Production to Digital Customization)*. Nova York: *Museum of Modern Art*, 2008

15 GRACIANO, Guilherme. *Richard Buckminster Fuller: A tentativa de Mudar o Mundo Através da Arquitetura do Design*. Disponível em: <http://rbfuller.blogspot.com.br/2008/10/dymaxion-house.html>. Acessado em 30 de abr. 2012.

necessária e ela nunca chegou a ser produzida em série.¹⁵

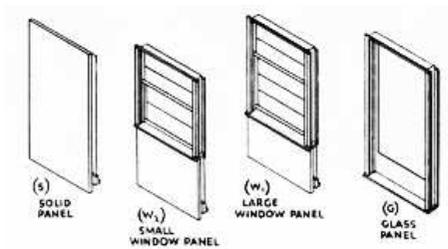
Ao contrário de Fuller, um jovem arquiteto de Chicago chamado Howard T. Fisher transformou seu sonho em realidade. Foi um dos primeiros empreendedores a aproveitar a promessa de pré-fabricação. Em 1932, Fisher desenvolveu a General Houses Inc., uma empresa com aspirações ambiciosas: projetar, vender, distribuir e erguer casas pré-fabricadas de baixo custo e alta qualidade, buscando suprir as demandas por habitação oriundas das destruições causadas pela Segunda Guerra Mundial. O produto oferecido diferia dos desenvolvidos por Sears e Alladin, pois não pretendia imitar nem a estética, nem a tradição do passado. O projeto da General Houses buscou refletir a maneira pela qual o produto final era desenvolvido, os meios de pré-fabricação, centrando em aproveitar o conceito de linha de montagem fordista. As unidades foram concebidas para serem montadas como um automóvel. A maior inovação tecnológica do modelo foi a utilização de um sistema de painéis de aço estampado tipo sanduíche para paredes, telhados e pisos, similar ao empregado pela indústria da aviação durante a guerra. Seus esforços, semelhantes aos de muitos outros arquitetos da época, eram focados em produzir prédios modernos, telhados planos, e fazê-lo com uma estética industrial. Howard foi extremamente otimista a respeito do gosto do público. Acreditava no sucesso da sua estratégia de marketing. Porém, a estética contemporânea da habitação não teve grande aceitação da população. Ironicamente, anos depois, a companhia foi bem-sucedida na produção de casas ao estilo tradicional americano da época. As inovações de Fisher forneceram um novo capítulo para a história da edificação pré-fabricada: a percepção de que esta pode ser montada a partir de componentes fornecidos por diferentes empresas, bem como o automóvel era produzido nesse período. A General Houses Inc. deu lugar a uma série de empresas semelhantes que pretendiam produzir habitações modernas para as massas. Entre elas estão as casas criadas pelo arquiteto McLaughlin e pelo industrialista Young, através da corporação American Houses Inc. Estas



16



17



18



19

Figura 16: Primeiros exemplares das General Houses em 1933 em Winnetka, hoje já demolidas.

Figura 17: Buckminster Fuller com o modelo de sua casa 4D, ou *Dymaxion*, final de 1920.

Figura 18: Painéis de aço da *General Houses*.

Figura 19: Na *World's Fair House* - Feira Mundial de Casas - em 1934.

unidades eram similares às da empresa Fisher. Possuíam telhados planos e utilizavam um sistema de painéis metálicos tipo sanduíche para vedações externas.¹⁶

O apelo estético do aço, utilizado em aplicações militares em aviões e navios e na indústria automobilística, mostrava-se sedutor para projetistas e construtores. O arquiteto americano George Fred Keck, envolvido com o Movimento Modernista, projetou dois modelos estruturais utilizando o material, para a Feira Universal de Chicago em 1933, denominados *House of Tomorrow* e *Crystal House*. Em exposição estava uma série de exemplos de aço usado para habitação. Os protótipos de Keck caracterizaram-se por estruturas de aço e paredes confeccionadas com requadros metálicos e fechamento em vidro. Elementos estes pré-fabricados para serem montados no local com agilidade. A *Crystal House*, por exemplo, poderia ser erguida em três dias. Porém, os modelos de George, assim como a *Dymaxion House*, também não passaram de protótipos.¹⁷

Se durante o período da Segunda Guerra Mundial ocorreram pesquisas para avanços em termos de técnica de construção, a era pós-guerra foi marcada por melhorias de negócios em função do aumento na demanda do mercado de habitação. Em 1946, o governo federal dos EUA aprovou um mandato, denominado *Veteran Emergency Housing Act* (VEHA), que ordenava a produção de 850 mil casas pré-fabricadas em menos de dois anos. Essa iniciativa provocou inúmeros esforços no projeto de habitação do pós-guerra, incluindo propostas dos arquitetos Walter Gropius e Konrad Wachsmann, as quais serão discutidas no subcapítulo seguinte. Embora esse mandato não tenha tido força para ser completamente implantado, deu origem a um número considerável de companhias desenvolvedoras de habitação pré-fabricada ao longo de uma década. Entre elas estavam Lustron Corporation, Levitt & Sons e Eichler Homes.

Em 1948, a Lustron Corporation começou a produzir casas pré-fabricadas de

16 ARIEFF, A.; BURKHART, B. *Prefab.* Layton: Gibbs Smith, 2002.

17 Idem, p.16.



20



21

Figura 20: A *Tomorrow House* – Casa do Amanhã–, na Feira *Century of Progress Fair in Chicago*, criada por George Fred Keck e William Keck (Keck + Keck), que ajudaram a trazer Moholy – Nagy para Chicago e abrir a “Nova Bauhaus”

Figura 21: A *Crystal House* – Casa de Cristal – criada por George Fred Keck e William Keck (Keck + Keck), imagem noturna.

aço em fábricas de aviões abandonadas depois da guerra. Em termos formais, a casa seguia o estilo tradicional da época, com telhados de duas águas e varandas. A inovação estava no fato de que foram construídas inteiramente pré-fabricadas de aço esmaltado. O criador da companhia, Carl Strandlund, levou o conceito de produção da indústria automotiva à moradia de maneira ainda mais literal do que as experiências com a tecnologia do painel metálico sanduíche desenvolvidas na década de 1930. Assim como um carro, a construção da casa necessitava de muitas peças para ser viável. E possuía alguns outros fatores problemáticos. As dimensões dos componentes nem sempre faziam sentido em relação ao tamanho padrão de fabricação de chapas, gerando um desperdício. O produto final era muito caro para o público-alvo que necessitava moradia: compradores com renda modesta. A casa também não era eficiente no que diz respeito a conforto térmico: empregando pouco isolamento, a temperatura interna era alta no verão e baixíssima no inverno. Depois de apenas 2.500 casas construídas, a empresa fechou em 1950.¹⁸ Apesar dos defeitos, em função da sua importância histórica para o desenvolvimento da tecnologia na pré-fabricação de moradias, um protótipo desta casa foi construído para integrar a exposição *Home Delivery: Fabricating the Modern Dwelling*, aberta em 2008 no MoMA.

A empresa Levitt & Sons, chefiada por Abraão Levitt e seus filhos William e Alfred, aproveitou a VEHA e, em vez de produzir casas na fábrica, criou um processo sistematizado para produção *in loco*. Usando princípios de fabricação de linha de montagem e separando planejamento, construção e execução, Levitt organizou um sistema para maximizar a produção de casas construídas utilizando estrutura mista de madeira pré-cortada e lajes de concreto. E, em 1945, a corporação desenvolveu a *Levittown*, na Pensilvânia. Uma pequena cidade de subúrbio erguida para permitir a habitação a preços acessíveis para pessoas que estavam em busca de um local para recomeçar a vida com suas famílias no pós-guerra. Em julho de 1948, 30 casas por dia estavam sendo

18 FETTES, T.T. *The Luston Home: the history of a postwar prefabricated housing experiment.* McFarland & Company, Inc. Publishers, 2002.



22



23



24

Figura 22: De 1948, a *Lustron House* foi construída com painel sanduíche em aço e acabamento externo esmaltado, mesma tecnologia utilizada pelos automóveis.

Figura 23: Exposição *Home Delivery* MoMa em 2008.

Figura 24: *Levittown*, Pensilvânia em 1948, logo após a produção em massa dos subúrbios ter sido concluída.

construídas, e metade das primeiras duas mil foi alugada em um prazo de dois dias.¹⁹

Na Califórnia, Joseph Eichler também desenvolveu um método sistematizado para a construção de comunidades de habitação. No entanto, tendo crescido em uma casa de Frank Lloyd Wright e sendo um amante das artes, ficou estarecido com a falta de variedade e apelo estético do produto oferecido pela Levitt & Sons. Eichler se interessava pelo projeto arquitetônico que estava sendo desenvolvido pelos modernistas da Califórnia para clientes de alto poder aquisitivo e queria abri-lo para a classe média de habitação. Contratou os arquitetos Bob Anshen and Steven Allen para desenvolver modelos de casas que possuíssem uma relação física e visual do ambiente interno com o exterior, através do emprego de grandes extensões de vidro, que foram projetados e construídos em uma grelha estrutural rígida, composta de pilares e vigas expostos, contando com sistemas mecânico e hidráulico padronizados, que permitiram a variedade dentro de um sistema de produção. Eichler iniciou seu negócio em meados dos anos 1940 e, em 1955, tornou-se tão eficiente na entrega de casas modernas que, apesar do aumento no custo de material em função da solução estrutural adotada, conseguia vender seu produto a um preço competitivo. O impacto dessas edificações em técnica de pré-fabricação é quase nenhum, no entanto, as atenções ao projeto arquitetônico e à qualidade da construção são o diferencial de sucesso das *Eichler Homes*.²⁰

O programa de habitação pós-guerra no Reino Unido apresentou semelhanças ao desenvolvido nos Estados Unidos. A cabana denominada *Nissen*, por exemplo, uma estrutura pré-fabricada semicilíndrica de aço corrugado, é a equivalência britânica da americana *Quonset*. Ambas foram amplamente utilizadas como abrigo durante a Segunda Guerra Mundial. A diferença entre os programas do Reino Unido, quando comparados com as iniciativas de pré-fabricação nos Estados Unidos, é que as casas tinham a intenção de ser temporárias, com foco na velocidade, em vez da busca pela

19 JURGENS, U., MALSCH, T., DOHSE, K. *Breaking from Taylorism: changing forms of work in the automobile industry* Cambridge University Press, 1993.

20 SMITH, Ryan E. *Prefab architecture: a guide to modular design and construction*. John Wiley & Sons, Inc, 2010.

21 VALE, B. *Prefabs: A History of the UK Temporary Housing Programme* Londres: E & FN Spon, 1995.



25



26



27



28



29

Figura 25 e 26: Artigo *Family Circle*, data desconhecida, mas provavelmente início de 1960. Tinha um artigo sobre casas *Eichler* em Sunnyvale.

Figura 27: *Nissen Hut* foi inventado e construído como alojamento para as tropas na Primeira Guerra Mundial. Devido à sua forma semicircular de ferro e papelão ondulado, o *Nissen Hut* desviava estilhaços de explosão de bombas tornando-se um abrigo antibomba perfeito.

Figura 28: Foto do governo americano das cabanas *Quonset* em frente à Laguna Peak, Point Mugu, em 1946.

Figura 29: O original, ou T-Rib, cabana *Quonset* tem o modelo muito parecido com o da cabana *Nissen*. Na época, 8.200 barracas T-Rib *Quonset* foram produzidas.

qualidade.²¹

Apesar dos exemplos acima descritos, de edificações que utilizaram o aço como base de pré-fabricação, havia escassez do material na Europa pós-guerra. Sendo assim, o concreto, que passava por avanços tecnológicos de alta resistência juntamente com o aço protendido, foi o escolhido para a reconstrução das cidades. Embora o pré-moldado tenha acompanhado a evolução da tecnologia do moldado *in loco* do final do século XIX até o início da Segunda Guerra Mundial, seu desenvolvimento é geralmente relacionado ao grande impulso no quarto de século que se seguiu à Grande Guerra. Com a necessidade de rapidez de construção em um cenário que apresentava ausência de mão de obra qualificada e de usinas para produção dos elementos, a utilização intensiva do pré-fabricado em concreto deu-se com realizações massivas na área de habitação. A estratégia utilizada foi produzir o menor número de elementos construtivos para agrupar milhares de unidades repetidas de maneira formalmente rígida em termos de arquitetura e urbanismo. E foi a partir desse momento que a construção baseada em elementos pré-fabricados, principalmente de moradias, acabou sendo rotulada de monótona, rígida e inflexível.

O conceito de pré-fabricação da construção civil, que teve início no modelo fordista de produção em massa, atualmente apresenta mudanças significativas no que diz respeito aos métodos de padronização, economia de escala e fluxo. Os processos produtivos, através do uso de tecnologia digital, tanto para projeto como para a fabricação por meio de desenho assistido por computador, estão provando ser uma mudança de paradigma na ideologia da indústria. Este desenvolvimento está influenciando não só a técnica, mas as relações sociais através das quais os edifícios são produzidos, sua estrutura de contato, e a interface de participantes no processo. A fabricação digital é potencialmente um método pelo qual pode ser realizada a promessa de qualidade em pré-fabricação.

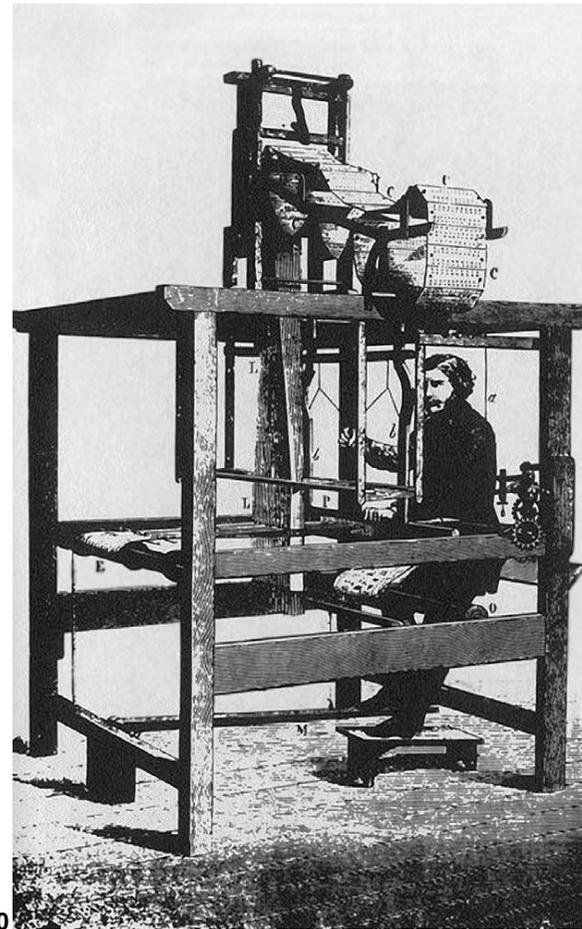
Além da Revolução Industrial, outra força que deu origem à ciência digital para desenvolvimento de projetos foi a automação, que é o método de programação de máquinas autônomas ou que tenham sido propositadamente concebidas para transcrever o processo do trabalho humano qualificado, controladas pela instrução dada por meio de comando numérico ou de controle computadorizado.

De todas as áreas de implementação dessa tecnologia para a concepção de produtos, a indústria da construção é a que apresenta a evolução mais lenta. Porém, a última década trouxe uma série de aplicações de software de engenharia mecânica e outras plataformas paramétricas para o raciocínio do desenho de edificações. Esta ideia está sendo implementada pela arquitetura e construção por meio de modelagem de informações, ou BIM. Na superfície digital, o design e seu impacto na logística de produção podem ser integrados, apresentando o potencial de oferecer soluções inovadoras, aumentar a qualidade e estabilizar os custos. A promessa da pré-fabricação - apresentada, mas não totalmente praticada - por Ford pode ser realizada nesse novo paradigma que a sociedade e as profissões de construção continuam a moldar.

2.2 ASPECTOS HISTÓRICOS DA ARQUITETURA INDUSTRIALIZADA

Durante o Renascimento, as funções de arquiteto, engenheiro e empresário estavam centradas geralmente na figura de uma só pessoa, o mestre construtor. Brunelleschi, por exemplo, atuou como tal para supervisionar a concepção e construção do Il Duomo, Florença - Itália, em 1436. Esse modelo de prática continuou até o Iluminismo, no século XVIII. Uma era em que o pensamento tradicional foi questionado e houve a procura para mobilizar o poder da razão, a fim de reformar a sociedade e o conhecimento prévio. A ciência e o nascimento dos ideais progressistas começaram a assumir um papel importante na vida

Figura 30: Jacquard, em 1801, desenvolveu um sistema de controle numérico para automatizar padrões de tecelagem em tear permitindo design têxtil na fabricação. Isso foi feito usando cartões perfurados com entrada numérica semelhante às unidades de sequenciamento numéricas na computação contemporânea.



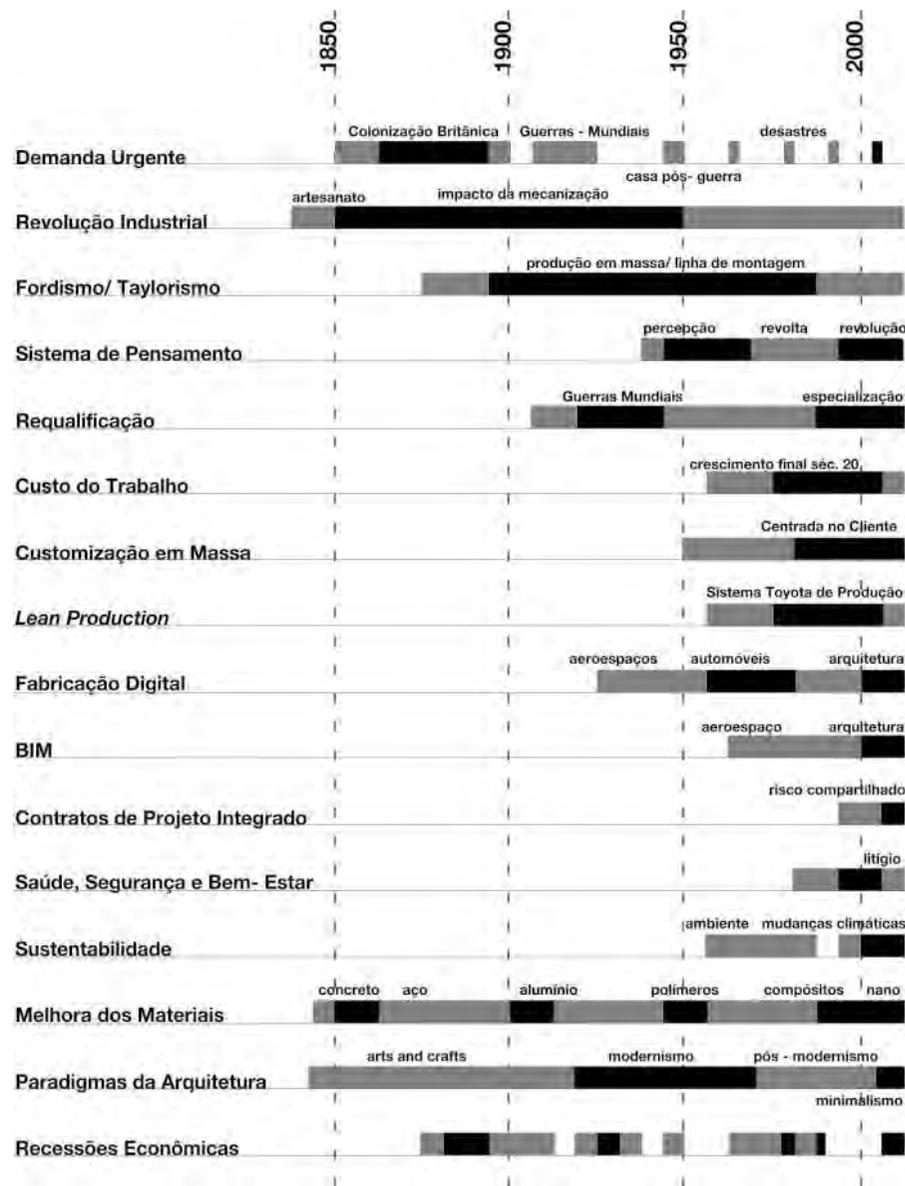


Figura 31: Esta tabela ilustra as influências históricas sobre o desenvolvimento da pré-fabricação. O valor na barra de influência indica o impacto relativo. Branco: pouco ou nenhum impacto, Cinza: impacto, Preto: grande impacto. Note-se que muitas das influências ocorreram na última parte do século XX, sendo a maior parte a partir de 1960.

cotidiana. Esses movimentos se manifestam na formação do arquiteto com o estabelecimento de métodos sistemáticos de ensino e modelos para a educação de massas na disciplina da edificação. O surgimento da École Polytechnique no final do século XVIII e da subsequente École Centrale des Arts et Manufactures, no início do século XIX, ambas localizadas na França, contribuíram para formar o “arquiteto moderno.” Jean-Nicolas-Louis Durand, arquiteto e professor na École Polytechnique, educou muitas gerações de profissionais e professores de arquitetura por mais de 30 anos, adotando um sistema de projeto que propunha o uso de elementos modulares, os quais já antecipavam componentes modernos de construção industrializada, e enfatizava a igualdade entre técnica e composição. Durand acreditava na produção experimental junto à indústria.²²

No início do século XIX outros países na Europa, bem como os Estados Unidos, adotaram esse modelo de educação. As principais maneiras de se tornar um arquiteto eram: o treinamento pela École des Beaux Arts, a educação em uma academia de engenharia orientada, também na França, ou sendo aprendiz no escritório de um mestre arquiteto que tivesse estudado ou praticado sob o mesmo sistema de ensino dos franceses. A dificuldade então era inserir-se no mercado da construção. Concomitantemente à manifestação da arquitetura como profissão, o setor residencial estava dominado por artesãos e pela filosofia do “faça você mesmo”, e as obras de maior porte estavam sendo erguidas por empreiteiros – sem a participação dos arquitetos –, que ganhavam cada vez mais poder. Era uma época de desenvolvimento de tecnologias de materiais pela indústria, e o projeto arquitetônico, em geral, encontrava-se desconectado das decisões de design de peças.²³

Com o progresso da Revolução Industrial ocorreu um profundo impacto no processo produtivo, em nível econômico e social, causado por essas mudanças tecnológicas. Foi um tempo de alterações não só em termos de tecnologia, mas também nos sistemas de crenças. O desejo de fazer melhor, mais rápido e mais barato tornou-se um valor social. Crescia a preocupação ética e moral com a

22 PFAMMATTER, U. *The Making of the Modern Architect and Engineer: The Origins and Development of a Scientific and Industrially Oriented Education*. Basel: Birkhauser, 2000.

23 WOODS, M. N. *From Craft to Profession: The Practice of Architecture in Nineteenth-Century America*. Berkley, University of California Press, 1999.

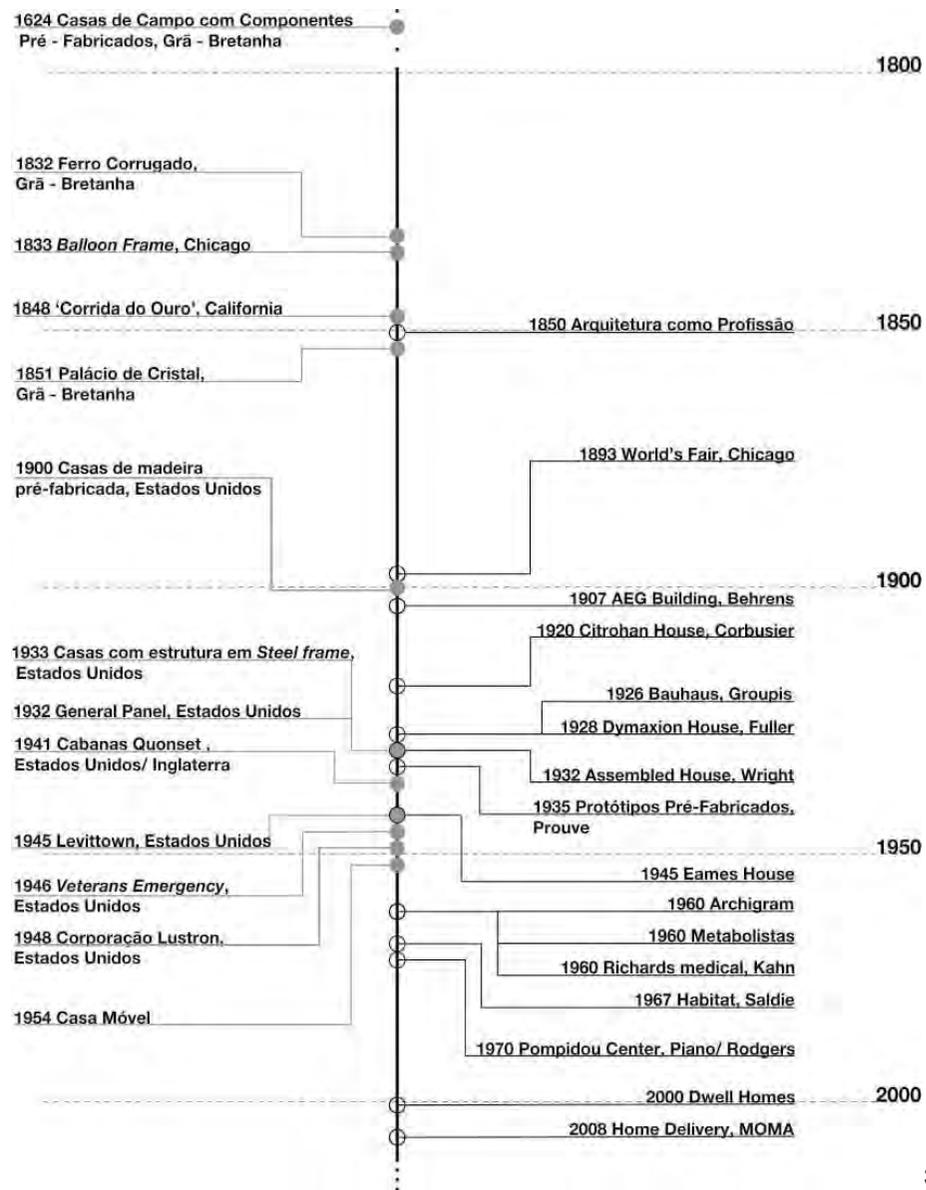


Figura 32: Este cronograma ilustra os eventos históricos na tecnologia de pré-fabricação.

Figura 33: Vista noturna da Praça Michelangelo para o Il Duomo, Florença - Itália.



33

busca da democratização dos avanços para o bem-estar de todos e o desejo de integração com a produção industrial. Acendeu-se em vários campos e por diferentes grupos um processo de revisão de toda a cultura e do pensamento contemporâneo, que foi expresso entre outras formas nas propostas de cidades ideais como a de Owen, no manifesto de Marx e Engels (1948), no *Arts and Crafts*, e no *Art Nouveau* – que propunha a integração dos componentes industriais e motivos de inspiração popular com a arquitetura, de forma aparente, fazendo parte da composição decorativa. O Movimento Moderno²⁴ formou-se dessa revisão da sociedade e da cidade industrial, partindo de experiências e teorias acumuladas para a formulação de seu ideário, da radicalização da investigação artística e do confronto de modelos de controle do desenvolvimento urbano. Cada um desses temas, a seu tempo, evoluiu separadamente no contexto cultural do início do século XX, interessando aqui, particularmente, o papel da pré-fabricação, seja como fundamento utópico do Modernismo, seja como ferramenta capaz de equacionar programas massivos de construção, a exemplo do ocorrido por ocasião da reconstrução da Europa no segundo pós-guerra.

A pré-fabricação ganhou, como nunca, o seu maior solo durante o período da revolução moderna, começando com os trabalhos de Peter Behrens e seus seguidores Walter Gropius, Mies van der Rohe e Le Corbusier, e mais tarde com o americano, Frank Lloyd Wright. Esse grupo de arquitetos modernos levantava a necessidade de outra metodologia de projeto a fim de alcançar a ideologia da incorporação da ciência moderna para o bem-estar, apropriando-se de tecnologias contemporâneas pouco incorporadas pela indústria civil, que não haviam acompanhado a modernidade, diferentemente do desenvolvimento da indústria automobilística. Buscou-se atingir a maior racionalização possível de componentes ou construções inteiras. Formava-se um campo fértil para o debate em torno da produção em série, apesar do caráter de vanguarda e de todas as dificuldades.

Nesse período foram organizados movimentos que acreditavam na

24 Com base nas definições de SAMPAIO (2002, p. 19), o Movimento Moderno neste trabalho será entendido como a consagrada organização institucional dos arquitetos modernos que participaram de acontecimentos, pertenceram a grupos e participaram de exposições, dos Congressos Internacionais de Arquitetura Moderna, além de compartilharem um conjunto de crenças e estratégias formais. Iniciou a partir dos anos 1920 e 1930, período que compreende, entre outros eventos, a publicação do livro *Internationale Architektur*, de Gropius (1925), a construção do bairro experimental em Weissenhoff (1927) e a realização do I Congresso Internacional de Arquitetura - CIAM (1928).

indústria como o caminho para obtenção de melhorias na sociedade. Em 1907 foi fundada, por um grupo de arquitetos, designers e empresários alemães que tinham estado, de alguma maneira, ligados ao Jugendstil (ou Arte Nova Alemã), a *Deutscher Werkbund* (ou Federação Alemã do Trabalho).

O ponto alto do trabalho da *Werkbund* foi dado por uma exposição de arquitetura realizada após a Primeira Guerra Mundial, no ano de 1927, em Stuttgart no *Weissenhofsiedlung* (Bairro de Weissenhof, conjunto arquitetônico existente até hoje como museu de arquitetura.). Sob a direção de Mies van der Rohe, foram convidados 12 dos mais conhecidos arquitetos da época para realizar, através de projetos de edificações uni ou multifamiliares, novas ideias para a arquitetura e o design.

Reunindo artesãos, artistas, arquitetos, economistas, políticos e industriais, as feiras e exposições como as promovidas pela *Deutscher Werkbund* possibilitavam um confronto periódico entre as produções industriais de todos os países, exibindo experiências de vanguarda nas artes aplicadas. Buscando uma revalorização do papel da arte na sociedade industrial e uma melhora do desenho arquitetônico e industrial, este movimento exerceu papel preponderante no Movimento Moderno. Posteriormente, na Bauhaus - escola de arquitetura e artes fundada em 1919 pelo mesmo grupo fundador da *Werkbund*, - essa pesquisa foi aprofundada, buscando-se, entre outros objetivos, redesenhar todos os elementos para a casa mínima acessível a todos, de maneira que pudessem ser submetidos à produção industrial.²⁵

Participante do grupo que fundou a *Deutscher Werkbund*, Peter Behrens foi um dos pioneiros em responder à demanda da civilização industrial através da arquitetura que influenciou o modernismo alemão. Trabalhou na AEG (*Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft*) para a qual desenvolveu projetos em distintas disciplinas as quais, na sua visão, estavam interligadas: desenho industrial, comunicação visual e arquitetura. A Fábrica de Turbinas da AEG, em Berlim - primeiro edifício alemão em aço e vidro (1908-1909), - projetada por

25 SAMPAIO, Maria Ruth Amaral de (Coord.). *A Promoção privada de Habitação Econômica e a Arquitetura Moderna 1930 - 1964*. São Paulo: Editora Rima, 2002.

Behrens, introduziu uma nova expressão de monumentalidade arquitetônica europeia. E uma das realizações mais significativa que pode ser atribuída à Behrens - nomeado diretor da Escola de Arquitetura de Viena em 1922 - é sua orientação de três futuras peças chave no avanço da arquitetura moderna e pré-fabricação: os alemães Walter Gropius e Mies van der Rohe, e o suíço-francês Charles-Edouard Jeanneret-Gris, também conhecido como Le Corbusier.²⁶

Walter Gropius estava preocupado com dois ideais: a industrialização e a igualdade social. Utilizando a estética industrial de Behrens, seu mentor, buscou criar uma arquitetura com expressão absoluta na função. Em 1919, após a guerra, sucede Henry van de Velde - dispensado em 1915, dada a sua nacionalidade belga - na direção da Escola de Artes Aplicadas em Weimar, na Alemanha. É esta instituição que Gropius, com o apoio de colegas arquitetos e de um grupo de artistas de vanguarda, vai transformar na Das Staatliche Bauhaus (“Casa Estatal de Construção”), com uma proposta inicial de integração entre as artes aplicadas e belas artes através de um método de ensino revolucionário.

Gropius defendia a formação de um *gestalter*²⁷, um profissional “total”, responsável pelo projeto de produtos em todas as escalas humanas, que soubesse utilizar materiais modernos e inovadores e refletir sobre a produção e o design, no contexto da industrialização.

A Escola, que terá um impacto decisivo sobre a estética moderna e, mais tarde, sobre o estilo internacional, acusada de “bolchevismo” e “judaísmo” pelo governo conservador de Weimar, mudou-se para a liberal Dessau em 1925, onde Gropius projetou a famosa sede funcionalista para a Bauhaus, a qual, nesta segunda fase, passou a defender a integração da arte com a técnica. A produção industrial começou a tomar o centro do palco na missão de ensino, e um dos objetivos principais era criar objetos assinados para as massas.

A política, no entanto, não deixou de marcar tanto o início quanto o fim da Escola, fechada pelos nazistas em 1933, que consideravam o modernismo “coisa de comunista”, obrigando Gropius a deixar o país. Chegou aos Estados

26 ROTH, L. M. *Understanding Architecture. Its Elements, History, and Meaning*. Boulder: Westview Press, 1993.

27 *gestalter*: palavra que vem de *gestalt*, que pode ser traduzida como vulto, forma, desenho ou projeto, mas guarda mais relações com a palavra inglesa *design*. DROSTE, Magdalena. *Bauhaus-Archiv. Köln*: Taschen, 2006. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Walter_Gropius. Acessado em 5 de maio 2012.



34

Figura 34: Peter Behrens desenhou a Fábrica AEG em Berlim, em 1908. Behrens foi mentor de futuros arquitetos modernos como Le Corbusier, Mies van der Rohe e Walter Gropius.



35

Figura 35: Bauhaus Dessau.

Unidos, em 1937, com um currículo que lhe rendeu o cargo de diretor do programa de arquitetura da Universidade de Harvard. Seu interesse pela pré-fabricação era claro desde antes dos tempos de Bauhaus. Buscava o ideal de utilizar a tecnologia da indústria para reduzir o custo da habitação. No ano de 1910, em colaboração com o escritório Behrens, ele havia proposto um abrigo pré-moldado para ser produzido em massa pela empresa alemã Electric. E em 1931, Gropius desenvolve a ideia de uma habitação mínima que podia crescer pela adição de novos componentes, constituídos basicamente por painéis de madeira autoportantes, revestidos internamente com placas de fibrocimento e externamente com chapas corrugadas de cobre.

Mas foi na parceria com Konrad Wachsmann que, em 1942, Gropius concebeu uma das suas maiores contribuições, talvez a mais conhecida, de arquitetura pré-fabricada, a *Packaged House*, projetada para ser produzida em massa e vendida no mercado dos EUA como uma casa para tempos de pós-guerra.²⁸ Em seu livro *Dream of the Factory-Made House*, Gilbert Herbert conta a história da concepção e fabricação do projeto que consumiu esses dois parceiros por mais de cinco anos. Gropius era um arquiteto que pensava muito como um engenheiro. Wachsmann era arquiteto autodidata, um mestre do detalhe e da conexão, treinado como um carpinteiro, que manteve um interesse eterno pela pré-fabricação em toda sua vida. Sua carreira foi marcada pela obsessão com a tecnologia da produção mecanizada. Essa equipe parecia ser a perfeita combinação para desenvolver um produto tão necessário como a habitação depois da guerra.²⁹

A *Packaged House* é caracterizada por painéis conectados por uma peça de metal em forma de cunha, com quatro vias de conexão, desenvolvida por Wachsmann. Esse sistema de fixação das placas foi o que provou ser o grande invento do projeto, e, conseqüentemente, comercialmente digno de nota. Todos os componentes da casa seriam produzidos em uma fábrica e montados no local. Gropius e Wachsmann se uniram com a General Panel Corporation para

28 DAVES, C. *The Prefabricated Home*. Londres: Reaktion Books, 2005.

29 OSAYIMWESE, I. Konrad Wachsmann: *Prefab Pioneer*. *Dwell Magazine The Prefab Issue*: Real Homes for Real People. V.09, n.03 p.98-100, feb./2009.

produzir a casa. Mas como em 1947 a linha de produção da indústria ainda não estava preparada para a fabricação das unidades, o financiamento prometido pelo governo não ocorreu e o projeto perdeu sua oportunidade.³⁰ Apesar do prestígio de seus autores, a casa, como muitas outras experiências anteriores e posteriores, acabaria por falhar como mercadoria, permanecendo influente hoje em virtude de suas bases conceituais, já que não obteve sucesso comercial.

Gropius e Wachsmann eram vistos como heróis arquitetônicos, tentando fornecer habitação para as massas através do uso da tecnologia de produção. Eles não foram o único grupo a desenhar uma casa pré-fabricada por esses meios durante e depois da guerra. Mas Gropius era um dos pais do modernismo, diretor de uma das escolas mais prestigiadas da época, e teve grande influência na cultura arquitetônica, na compreensão do papel da arquitetura na sociedade. Transmitindo a ideia que os arquitetos poderiam desenvolver um projeto desde a concepção à produção, talvez na forma de Brunelleschi, o mestre de obras dos séculos anteriores.

Mies van der Rohe também estava interessado na construção industrial como um meio de design. Porém não tinha aspirações de utilizá-la para fornecer habitação para as massas como Gropius e Wachsmann. Através dos ensinamentos de Behrens, Mies aprendeu a dar atenção especial aos detalhes. Sua sede de precisão e qualidade de construção parecia insaciável. Desenhava peças pensando em utilizar a fábrica para a produção buscando a exatidão.

Um dos seus maiores presentes para a história da arquitetura foi a paixão por projetar torres em aço e vidro. Dominou a estética da estrutura de aço delgado, que se tornou uma marca de Mies – não apenas um refinamento da Escola de Chicago, – uma tipologia inteiramente nova para a não apenas para América, como para todo o mundo. Até os dias de hoje, arquitetos utilizam este sistema de aço, vidro e alumínio na maioria dos arranha-céus das cidades mais importantes do mundo.³¹

A contribuição de Mies para a pré-fabricação não foi o desenvolvimento

30 HERBERT, G. *Dream of the Factory-Made House: Walter Gropius and Konrad Wachsmann*. Cambridge: MIT Press, 1984.

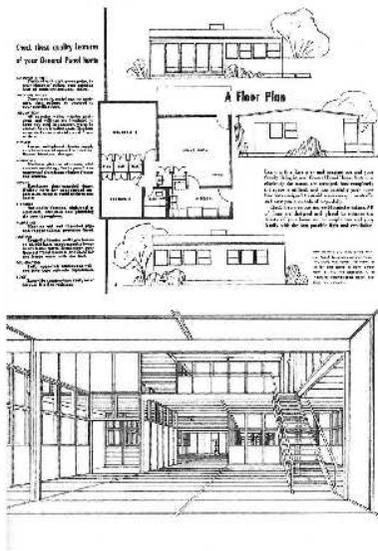
31 ROTH, L. M. *Understanding Architecture. Its Elements, History, and Meaning*. Boulder: Westview Press, 1993.



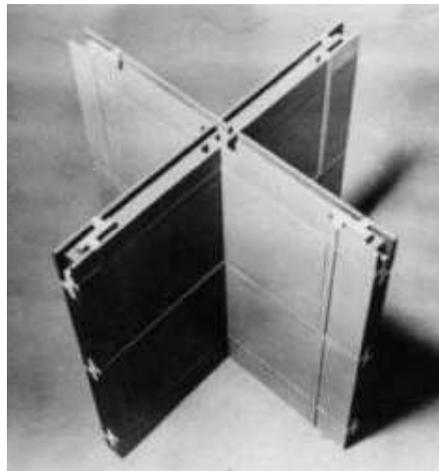
36



37



38



39

Figura 36: Walter Gropius e Konrad Wachsmann na obra da *Packaged House* (1941 - 1952).

Figura 37: *Packaged House* (1941 - 1952).

Figura 38: Panfleto publicitário e perspectiva da *Packaged House*.

Figura 39: Peça conectora de quatro vias para encaixe de molduras e painéis de fechamento.

de uma nova tecnologia de produção, sistema de painéis ou módulos. Foi a integração da estética moderna na aceitação social da torre de aço e vidro. Ele influenciou toda uma geração de arquitetos com a criação de tais artifícios. As sensibilidades estéticas do Pavilhão de Mies em Barcelona e da Casa Farnsworth em Illinois são, em muitos aspectos, a personificação do minimalismo que encontrou ressurgimento na arquitetura residencial do final século XX e início do século XXI. Hoje muitas casas pré-fabricadas comercializadas são modernas em sua aplicação de materiais simples, linhas limpas e elevado nível de transparência. Conscientemente ou não, a influência de Mies na compreensão e expressão da arquitetura, especialmente na pré-fabricação, possivelmente terá impacto no futuro por muito tempo.

Antes de ter contato com Mies van der Rohe e Walter Gropius e de trabalhar com Peter Behrens em Berlim durante cinco anos, no ano de 1908 Le Corbusier viajou para Paris e conseguiu um emprego de meio período com Auguste Perret. Belga radicado na França, o mestre precoce do concreto armado o influenciou a valorizar novos materiais e métodos de produção arquitetônica.

Charles Édouard Jeanneret (verdadeiro nome de Le Corbusier) esteve desde o início da sua carreira em contato com as vanguardas tecnológicas dos meios onde atuava. Aplaudiu a perfeição do automóvel, do avião e do navio, que eram, segundo ele, exemplos de beleza com funcionalidade, os “Templos gregos” da Era Moderna. Na sua percepção, uma vez que os ideais da era da máquina fossem identificados pela sociedade, a arquitetura acabaria por seguir esses princípios. Daí a sua declaração de que a casa deveria funcionar como uma máquina para viver, que produzida em massa seria a resposta para os males sociais.

Uma grande época começa.

Um espírito novo existe.

A indústria, exuberante como um rio que rola para seu destino, nos

traz os novos instrumentos adaptados a esta época nova animada de espírito novo.

A lei da economia gera imperativamente nossos atos e nossos pensamentos.

O problema da casa é um problema de época. O equilíbrio das sociedades hoje depende dele. A arquitetura tem como primeiro dever, em uma época de renovação, operar a revisão dos valores, a revisão dos elementos constitutivos da casa.

A série está baseada sobre a análise e a experimentação.

A grande indústria deve se ocupar da construção e estabelecer em série os elementos da casa.

É preciso criar o estado de espírito da série.

O estado de espírito de construir casas em série.

O estado de espírito de residir em casas em série.

O estado de espírito de conceber casas em série.

Se arrancarmos do coração e do espírito os conceitos imóveis da casa e se encararmos a questão, de um ponto de vista crítico e objetivo, chegaremos a casa-instrumento, casa em série, sadia (e moralmente também) e bela pela estética dos instrumentos de trabalho que acompanham nossa existência.

Bela também com toda animação que o sentido artista pode conferir a estes órgãos estritos e puros.³²

Como parte deste esforço para criar uma “máquina de morar”, Le Corbusier projetou e construiu um protótipo de habitação unifamiliar para trabalhadores, destinada a ser construída em série, na medida do possível, tal qual os automóveis, chamada *Casa Citrohan*. A palavra *Citrohan* foi usada como um trocadilho, referindo-se ao automóvel francês da época, o Citroën.

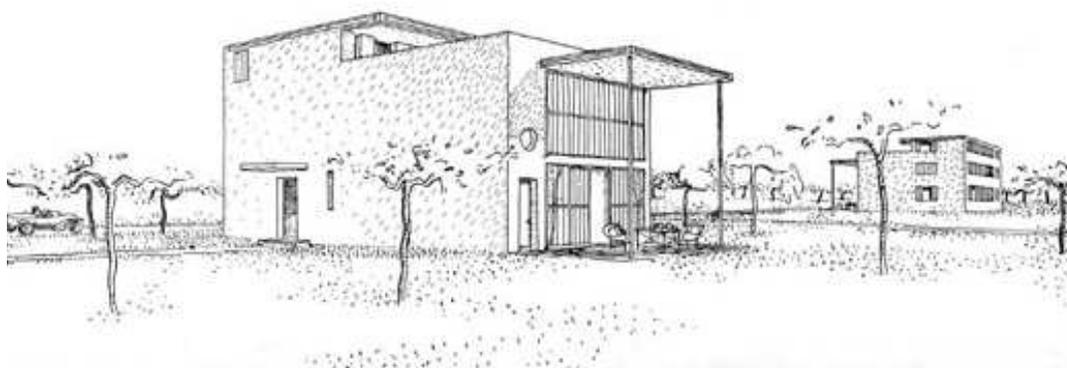
Não é claro que Jeanneret sempre tenha concebido suas casas para serem construídas em uma fábrica, uma vez que utilizou métodos de produção em massa e de trabalho em linha de montagem no local. Ele acreditava que o arquiteto poderia configurar um sistema de construção baseado na racionalização através da normalização. Entre 1920 e 1927 Le Corbusier apresentou cinco versões de projetos para a *Casa Citrohan*. Todos exibiam características formais

32 LE CORBUSIER. Casas em série. In: _____ *Por uma arquitetura*. 6a ed. São Paulo: Perspectiva, 2004. p. 159-189.



40

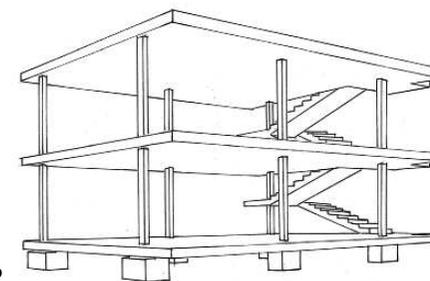
Figura 40: Seagram Building em Nova Iorque, obra de Mies van der Rohe (emprega detalhes funcionais com ornamentos estéticos).



41

Figura 41: Perspectiva mostrando a *Maison Citrohan*, versão apresentada no Salão de Outono em Paris, em 1922.

Figura 42: A célebre perspectiva do Sistema Dom-ino. 1916.



42

puristas e o uso do Sistema Dom-ino como solução estrutural.

O processo construtivo e a estruturação formal empregados procuravam refletir alguns conceitos oriundos dos processos de fabricação industrial, mais especificamente da fabricação de automóveis.³³

Os vínculos entre conceito e prática foram um pouco carentes na obra de Le Corbusier. Os ideais de produção em série discutidos em seus escritos nunca puderam ser testados. Embora nenhum dos edifícios projetados por Jeanneret - provavelmente o arquiteto mais influente para o modernismo no século XX - tenha sido construído utilizando métodos pré-fabricados, suas ideias sobre o uso da indústria como transformação foram amplamente conhecidas e referenciadas por arquitetos da época, proporcionando uma base para experiências posteriores de habitação pré-fabricada para produção em massa.

Esses projetos desenvolvidos por Gropius, Wachsmann, Mies e Le Corbusier não são os únicos casos relevantes. A pré-fabricação é um tema recorrente nos registros do arquiteto Frank Lloyd Wright, que se encontrava bem consciente do trabalho desenvolvido pelos mestres modernos da Europa, assim como estes estavam cientes do trabalho de Wright nos Estados Unidos. Ele foi treinado por Sullivan para abraçar o novo, mas fazer referência ao tradicional. Em função das suas contribuições para os avanços na compreensão espacial e destreza material tornou-se um dos mais célebres arquitetos americanos.

Wright sempre se atentou ao ofício de construtor e ao entendimento dos materiais e das técnicas construtivas para conceber seu trabalho. Desenvolveu um método baseado em uma malha de coordenação modular para lançar seus projetos. A modulação proporciona dependência da parte em relação ao conjunto completo, e, ao mesmo tempo, independência dos elementos arquitetônicos. A proporção, o ritmo e o equilíbrio entre a parte e o todo se dão pela repetição, adição, subtração, inversão, distorção, rotação, interpenetração, em diferentes

33 PALERMO, Nicolás S. *O Sistema Dom-ino*. Porto Alegre: UFRGS – PROPAR, 2006. p. 97.

escalas.

O dimensionamento dessa malha, que organizava e ao mesmo tempo proporcionava liberdade à criação na articulação dos espaços e formas, era baseada nos materiais e nas relações de unidade e conjunto, fundamentados pelos princípios de sua arquitetura orgânica. As variações dentro de uma mesma grelha conferiam identidade ao projeto, algo que o arquiteto sempre defendeu, ressaltando a importância da individualidade das pessoas, assim como de seus lares. A modulação dos elementos e a organização geométrica do projeto permitiram que Wright criasse personalização dentro de uma padronização não óbvia.

Em 1932, Frank Lloyd Wright falou sobre o que chamou de *Assembled House* (Casa Montada), a qual deveria ser formada de unidades padrão, cada uma com as características de um cômodo. Os módulos compõem conceptualmente um kit de partes que podem ser adicionadas e retiradas. Baseada nos princípios do *Dymaxion bathroom*, banheiro padronizado desenvolvido por Buckminster Fuller, a ideia era que os clientes comprariam o mínimo de três unidades básicas – banheiro, cozinha e um quarto – e poderiam adicionar quantas fossem necessárias para atender a necessidade da casa.³⁴ *There is no reason why the assembled house, fabricated in the factory should not be made as beautiful as the modern automobile.*³⁵

Para o arquiteto, o fato de a casa ser pré-fabricada não excluiria também ser bela, além de funcional, estabelecendo uma comparação com os automóveis da época.

Mas foi nas *Usonian Houses*, propostas após a Grande Depressão de 1929, que Wright se destacou no que diz respeito a uma lógica de construção racional. Essas casas tiveram, em sua maioria, como característica principal o fato de serem pequenas e econômicas, baseadas em um projeto modulado para ser construído rapidamente e com economia. Apresentavam atributos nos quais se observa que o arquiteto antecipou em pelo menos dez anos as ideias

34 DAVES, C. *The Prefabricated Home*. Londres: Reaktion Books, 2005.

35 WRIGHT, Frank L. *Truth against the world: Frank Lloyd Wright speaks for an organic architecture*. Nova York: Wiley, 1987. p. 124.

difundidas pelos que seguiram as diretrizes da FHA no pós Segunda Guerra e pelos arquitetos das *Case Study Houses*³⁶, a proposta de uma arquitetura que representava, entre outras questões, uma resposta ao momento econômico. O arquiteto se dedicou ao projeto e à construção dessas casas com baixo custo até 1959.

Na busca de economia e simplicidade, Wright definiu em seu livro *The natural house* diretrizes principais a seguir em sua concepção: abolição de todos os elementos e espaços considerados inúteis, tais como garagem fechada, telhado, sótão e porão; criação de uma cozinha pequena e integrada com o setor social e espaço para refeições; uso dos materiais de acordo com sua natureza, sem revestimentos ou pinturas; mobiliário, iluminação, aquecimento e ornamentos integrados ao edifício; e, de preferência, definição do programa em apenas um pavimento.

Um dos aspectos mais importantes e particulares da obra de Frank Lloyd é a relação entre estrutura, material, forma e espaço. A estrutura sempre foi considerada por ele um elemento indissociável do conjunto arquitetônico. Deveria ser concebida simultaneamente com todo o projeto. Não há como dissecá-la e visualizá-la separadamente do conjunto, nessa rica materialização dos princípios da integridade, continuidade e plasticidade.

No caso das residências *Usonian*, a malha de coordenação modular, em planta e elevação, coordenava e articulava a organização tanto dos elementos arquitetônicos como dos móveis e objetos de decoração, proporcionando uma construção mais econômica: previa pouca ou nenhuma perda de material, regularidade da construção e possibilidade de futuras ampliações. Havia certa flexibilidade dos espaços internos e previsão de expansão das residências, concebidas para pessoas com pouco orçamento, mas com planos futuros. Assim, a casa poderia ser expandida por etapas. Esta geometria confere a qualidade orgânica da obra do arquiteto, pois todos os elementos estão relacionados em escala e proporção, dentro de um sistema de unidades que partiu do material.

36 McCOY, E. *Case study houses 1945-1962*. Los Angeles: Hennessey+Ingalls, 1962.

Apesar de nunca ter pensado suas casas para serem produzidas em massa e de não ter sido capaz de atingir seus desejos no que diz respeito ao nível estético a preços acessíveis através da pré-fabricação, os princípios da grade regular dos materiais padronizados que guiaram a arquitetura de Frank Lloyd Wright proporcionavam aos seus projetos um grande potencial para a industrialização.

Outros relevantes nomes a serem referidos no que diz respeito à história da arquitetura pré-fabricada são Buckminster Fuller e Jean Prouvé. Embora não tenham sido formalmente treinados como arquitetos, sua influência é altamente considerada. As obras de Fuller e Prouvé podem ser qualificadas, de certa forma, como mais bem-sucedidas que as dos mestres já mencionados neste subcapítulo, em função da concretização dos produtos finais a partir da indústria, com excelência técnica.

Richard Buckminster Fuller, um engenheiro por formação, pôs em prática seu ofício contemporaneamente a Gropius, Mies e Le Corbusier. Sua ascensão entre os arquitetos tem muito a ver com a capacidade de racionalizar geometrias complexas – como a estrutura algorítmica domo geodésico – e com a produção de habitações em massa. Em 1928, Fuller patenteou a *Dymaxion House*, que continha, entre outras coisas, um sistema de cabos estruturais. Mais tarde, em 1936, projetou uma unidade pré-fabricada de banheiro para residências e, em 1940, produziu uma unidade implantável para o exército.

Com o final da guerra, em meados dos anos 1940, a indústria da aviação estava tendo dificuldades, e Fuller converteu algumas fábricas de aviões em instalações para produção de habitação, o que acabou por suprir a necessidade de manter os funcionários trabalhando durante a crise do emprego pós-guerra. Foi aí que, em 1944, ele criou a *Wichita House*, fabricada como um avião em alumínio, fixada com rebites, e utilizando princípios de incentivo do fluxo de ar ao redor e através da casa. A planta foi organizada de forma que todos os serviços fossem agrupados no centro da casa, tendo as outras funções subdivididas

em torno desse núcleo. Mas a maior inovação dessa edificação foi o peso: as peças agrupadas somavam somente 6.000 kg. Desmontada, a casa poderia ser transportada por um único caminhão, e Fuller afirmou que poderia ser erigida em um único dia. Apesar de o projeto ter sido bem-sucedido na medida em que reciclou estruturas de fábricas para o trabalho do pós-guerra, Buckminster suspendeu a produção alegando que não estava pronta para grandes séries.³⁷

Jean Prouvé também não era arquiteto por formação, foi um metalúrgico francês que iniciou sua carreira desenvolvendo a concepção e fabricação de móveis e objetos em ferro fundido.

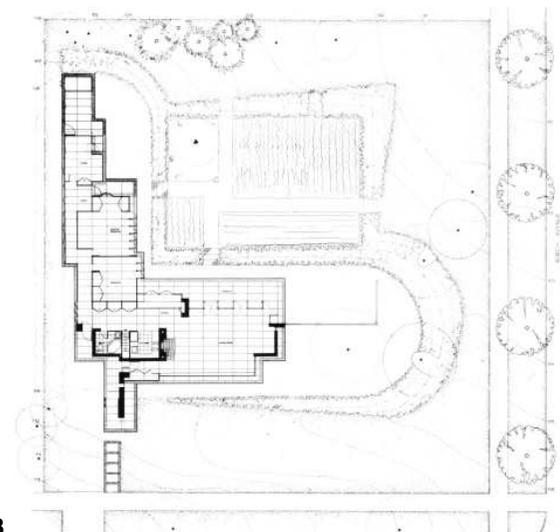
Em 1930 ajudou a criar a União de Artistas Modernos, cujo manifesto era “Amamos a lógica, o equilíbrio e a pureza.” Um ano depois já tinha o seu *Ateliers Jean Prouvé* e começou a colaborar em projetos como o da *Maison du Peuple* em Clichy, um clube de aviação militar e o clube de voo Roland Garros. Foi quando também colaborou com Charlotte Perriand e Pierre Jeanneret desenhando móveis para a *Maison du Mexique*, residência estudantil ligada à Universidade de Paris.

Prouvé teve experiências iniciais com a pré-fabricação habitacional quando desenvolveu abrigos militares, leves e de fácil construção, usados como solução de alojamento temporário pós-guerra. Em 1947 construiu a fábrica *Maxéville*, onde produziu móveis, e realizou uma pesquisa arquitetônica extensa sobre os usos do alumínio. Trabalhando com o material, desenvolveu peças padronizadas para edifícios industriais e projetou a casa pré-fabricada *Maison Tropicale*, pensada para uso em grande escala na África, mas apenas três unidades foram construídas. Além disso, em 1949, o metalúrgico – arquiteto autodidata – desenvolveu 25 casas industrializadas experimentais que foram erguidas em um subúrbio perto de Paris, encomendadas pelo governo francês, conhecidas como *Maison Meudon*. Habitações leves e dinâmicas, com estrutura em aço, alumínio e madeira, que partiam de dois tipos base, os quais poderiam ser conjugados e articulados de 14 maneiras diferentes. Resultavam

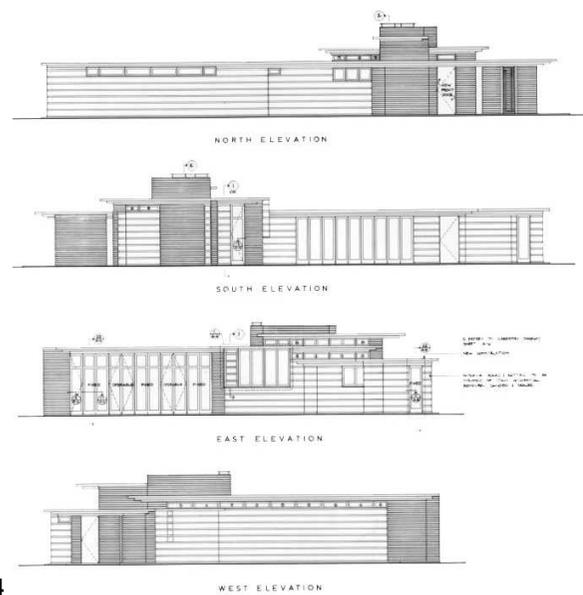
37 BRUCE, A.; SANDBANK, H. *A History of Prefabrication*. New York: Arno Press, 1972.

Figura 43: Planta baixa que revela a modulação de 2 x 4 pés (aproximadamente 0,60 x 1,20 m), que organiza a malha, tanto em planta quanto em elevação (variações de 0,30 m) da residência *usonian* Herbert Jacobs, Madison, WI, 1936.

Figura 44: Elevações da residência *usonian* Herbert Jacobs, Madison, WI, 1936.



43



44

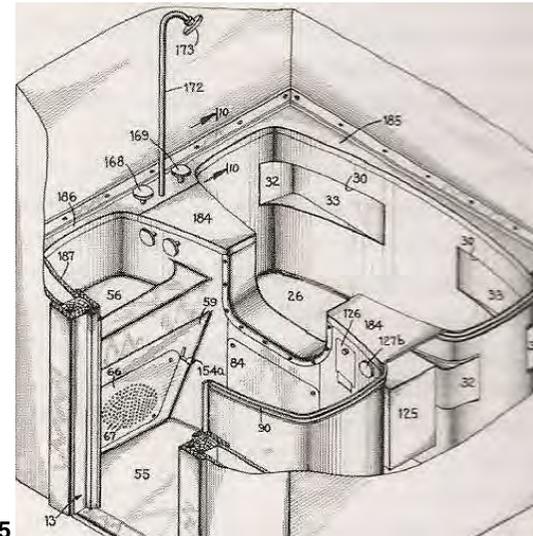
em volumes com espaço interior relativamente flexível, limitado apenas pelo módulo estrutural dos painéis externos. As peças que compunham a edificação poderiam ainda ser transportadas em um único caminhão e erigidas por uma equipe de apenas quatro homens, sem a necessidade de andaimes. Prouvé demonstrou que, neste caso, era possível produzir moradias manufaturadas competitivamente, com qualidade e em larga escala, aplicando-as com sucesso a um contexto urbano planejado. Mesmo assim, o governo francês decidiu não apostar na continuação desse modelo.³⁸

O arquiteto Jean Prouvé trabalhou para minimizar o desperdício e maximizar os benefícios. Projetou quadros que forneceram estrutura para painéis de enchimento e sistemas fabricados industrialmente. Sua estética de arquitetura e mobiliário seguiu o padrão de fabricação de moldagem, formando flexão, parafusos e soldas. O número de projetos pré-fabricados desenvolvidos por ele também foi muito maior do que qualquer um dos seus antecessores arquitetônicos. Muitos dos princípios do design e da concepção de produção para construção em arquitetura hoje podem ser atribuídos à fábrica de Prouvé do início do século XX. Sua principal conquista foi a transferência de tecnologia de fabricação da indústria para a arquitetura, sem perder qualidades estéticas.

Na segunda metade do século XX, dentro dessa análise de aspectos históricos da pré-fabricação de uma perspectiva arquitetônica, o *Case Study Houses*, programa de experimentos na arquitetura residencial americana patrocinado pela revista *Arts & Architecture*, que funcionou de forma intermitente desde 1945 até 1966, foi mais uma ação importante a ser citada. Implantado na Califórnia, comissionou importantes arquitetos da época, incluindo Richard Neutra, Rafael Soriano, Craig Ellwood, Charles e Ray Eames, Pierre Koenig e Eero Saarinen, para projetar e construir casas modelo unifamiliares, com custos acessíveis e de fácil construção. O objetivo era dar suporte arquitetônico ao *boom* imobiliário dos Estados Unidos causado pelo fim da Segunda Guerra Mundial e o retorno de milhões de soldados.

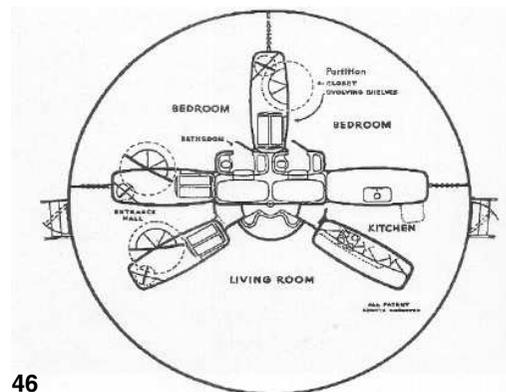
38 HERBERS, J. *Prefab Modern*. New York: Collins Design, 2004.

Figura 45: *Dymaxion Bathroom* de Buckminster Fuller.



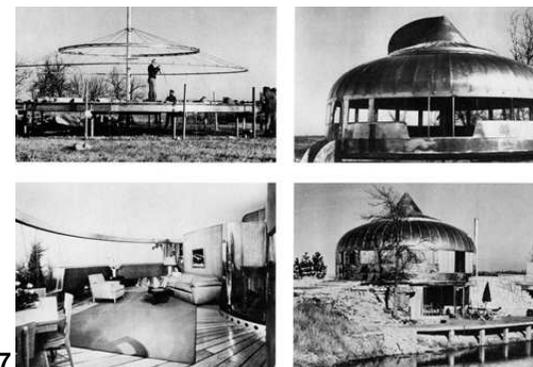
45

Figura 46: Planta baixa, Casa *Wichita*.



46

Figura 47: Utilizando a infraestrutura de fábricas de produção durante a guerra, Buckminster Fuller começou a desenvolver uma solução com preço acessível para Casa *Dymaxion*, usando estrutura pendente de um mastro central e pele de alumínio. Este modelo foi construído em Wichita, dando-lhe o nome de Casa *Wichita*.



47

Foram desenvolvidos 36 projetos, e muitos deles utilizaram alguns componentes pré-fabricados, como estruturas de aço e painéis de enchimento. Mas a incorporação de pré-fabricação em série pode ser vista de forma mais explícita na *Eames House*, projetada por Charles e Ray Eames, marido e mulher, arquitetos que também trabalhavam com design industrial. Como Prouvé, os Eames viam os projetos de arquitetura e de mobiliário como tendo a mesma ideia de desenvolvimento.³⁹

A *Eames House* antevia uma conciliação entre a arquitetura e a construção pré-fabricada, entendida como suporte e inspiração e não apenas como repetição indiferenciada de elementos standardizados. Após uma primeira parceria com Eero Saarinen, a habitação definitiva foi construída em partes industrializadas, muitas delas em aço, ou utilizando materiais que pudessem ser comprados por catálogo, havendo uma continuação da produção em série. O edifício dividia-se em dois volumes iguais, um dedicado à zona de trabalho e outro à habitação propriamente dita. Os vãos envidraçados, também pré-fabricados, ocupavam a maior parte das fachadas, em uma contínua relação com a natureza envolvente. A construção total demorou poucos meses, sendo a estrutura base erigida em apenas dois dias, cumprindo o objetivo de ser facilmente montada, desmontada e readaptada, se assim fosse necessário.

Esse projeto sistematizado não foi utilizado para a construção de outras unidades, embora, teoricamente, pudesse facilmente sê-lo se uma lista de instruções e desenhos fosse entregue ao construtor. Porém, o processo não se mostrava acessível financeiramente. Mesmo assim, representou a maximização da utilização das indústrias disponíveis no momento. Após desenvolver o projeto dessa habitação, os Eames abandonaram a arquitetura em favor de seu forte, os desenhos industriais, sendo que os princípios de pré-fabricação continuaram a acompanhar suas criações.⁴⁰

Outra exploração importante no campo da arquitetura utilizando elementos pré-fabricados, ocorrida no final do século XX, está inserida no Movimento *High-*

39 SMITH, Ryan E. *Prefab architecture: a guide to modular design and construction*. John Wiley & Sons, Inc, 2010.

40 SMITH, Ryan E. *Prefab architecture: a guide to modular design and construction*. John Wiley & Sons, Inc, 2010.

Figura 48: *Maison Meudon*, do arquiteto autodidata Jean Prouvé.

Figura 49: Estação de Serviço, desenhada por Jean Prouvé, foi restaurada e está atualmente em exposição em Weil am Rhein, Alemanha.



48



49

*tech*⁴¹, que inclui os arquitetos ingleses do grupo Archigram, Michael Hopkins, Richard Rogers, e Norman Foster.

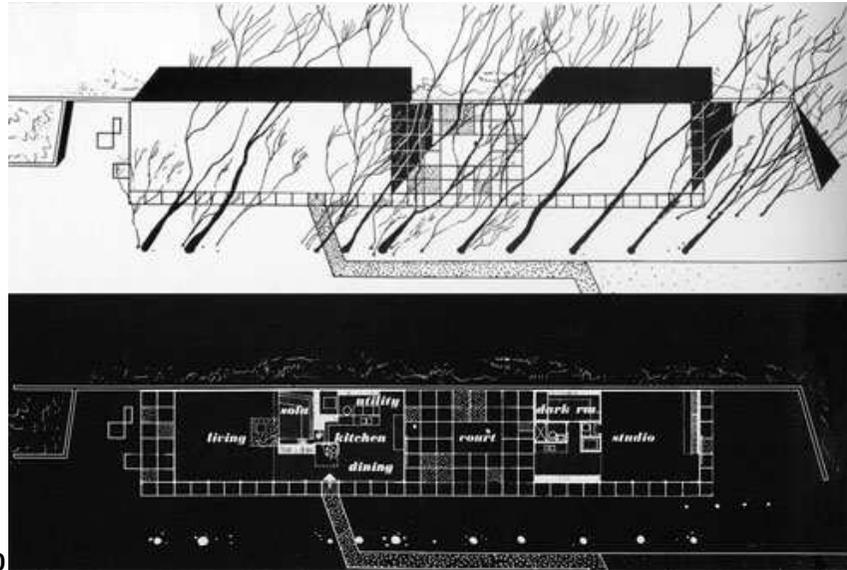
Em maio de 1961, os jovens Peter Cook (1936) e David Greene (1937) colocavam em circulação um panfleto de duas folhas chamado Archigram: a fusão entre as palavras arquitetura e telegrama. O objetivo era salvar do esquecimento alguns poemas e meia dúzia de projetos estudantis que, de outro modo, não teriam a mínima possibilidade de publicação nos veículos arquitetônicos estabelecidos em Londres, tais como The Architectural Review ou Architectural Design. Em 1962 a publicação passou a contar com a colaboração efetiva de Warren Chalk (1927-1987), Ron Herron (1930-1994), Dennis Crompton (1935) e Michael Webb (1937), convertendo-se em veículo de exposição e debate dos projetos e temas em torno aos quais articulou-se o grupo Archigram, [...]. Esses temas, [...], foram se desenvolvendo segundo um eixo central de reflexão: a relação entre arquitetura e tecnologia em uma cultura em transformação. A sociedade do consumo e do ócio, a demanda por flexibilidade e mobilidade, o impacto das novas tecnologias da automação e da comunicação sobre o ambiente foram as questões por detrás de todas as investigações projetuais de Archigram, [...].⁴²

As criações de Archigram, como *walking cities*, *instant cities* and *plug-in cities*, eram altamente industrializadas. Ainda que nenhum dos projetos publicados, os quais não atingiram o nível de especificação técnica, tenha sido efetivamente construído, no âmbito da arquitetura do papel, através de projetos e desenhos – publicados no pequeno magazine que alcançou nove edições entre 1961 e 1970 – provocaram discussão e teoria sobre o futuro da arquitetura e do urbanismo. Ao final dos anos de 1960, nota-se uma influência de Archigram sobre as correntes arquitetônicas tecnológicas subsequentes.

O projeto *Habitat'67*, desenvolvido pelo arquiteto israelita Moshe Safdie, entre 1964 e 1967, como resposta ao tema *Man and His World*, para a Exposição

41 A arquitetura *high-tech* exalta e explora novas tecnologias tendo em vista objetivos práticos ou impacto visual, usando formas e materiais que expressam a tecnologia industrial moderna, no lugar dos materiais tradicionais

42 CABRAL, C. P. C. Uma Fábula da Técnica na Cultura do Estado do Bem-Estar: Grupo ARCHIGRAM. *Cadernos de Arquitetura e Urbanismo*. Belo Horizonte, v.11, n. 12, p. 247-263, dez/ 2004.



50



51

Figura 50: Planta baixa *Eames House*.

Figura 51: *Eames House*.

Internacional de Montreal de 1967, era composto por 158 casas construídas a partir de 354 unidades modulares pré-fabricadas, seguindo o conceito *plug-and-play*, lançado nas ideias do grupo Archigram. O projeto previa cápsulas empilhadas umas sobre as outras, com os espaços vazios entre elas formando jardins e pavimentos ao ar livre. Na execução, além das dificuldades de industrialização das estruturas, o trabalho no local exigiu guindastes de grande porte e esforço intensivo para união dos módulos, os quais, em concreto armado, eram pesados demais para ser instalados. O projeto mostrou-se acima do custo desejado para tornar-se viável a um dos seus principais objetivos: a produção em série. Safdie considerou sua experiência um fracasso e a pré-fabricação na arquitetura como uma missão impossível.⁴³

Paul Rudolph afirmou que o problema das habitações desenvolvidas por Safdie estava na escolha dos materiais, devido à dificuldade de fabricação e montagem dos módulos. Em 1971, Rudolph realizou um projeto habitacional modular chamado *Oriental Masonic Gardens* em New Haven, Connecticut. A tecnologia certamente não era inovadora, mas o projeto utilizou a tipologia da habitação unifamiliar móvel em uma edificação multifamiliar que fazia uma reinterpretação da construção vernácula. Paul estava interessado em lidar com baixo custo, através de uma solução com desenho inovador. Porém, o projeto sofreu grande monotonia com dimensões repetidas em massa, criando um gueto inserido em um bairro com tecido vibrante.

O Movimento *High-tech*, foi uma era de ideias arquitetônicas utilizando alta tecnologia e pré-fabricação. Tanto quanto a história registrada destes ensaios, não houve colaborações frutíferas com os fabricantes industriais. Os sistemas eram tão personalizados que não se tornavam acessíveis para além de um único protótipo.

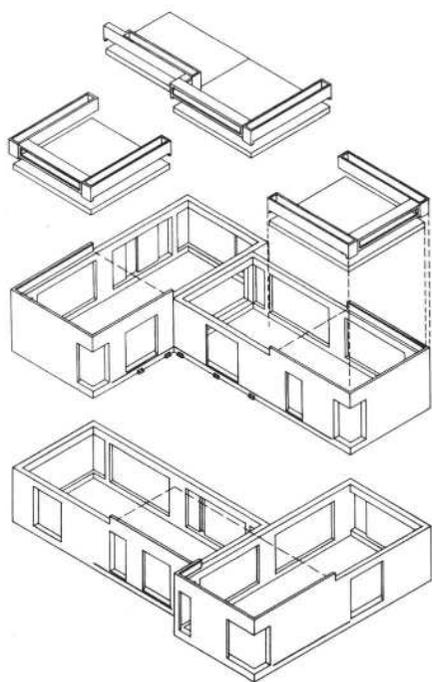
A década de 1960 também trouxe o Movimento Metabolista surgido no Japão. Teve como um dos seus idealizadores o arquiteto Kenzo Tange, que procurou buscar nos grandes trabalhos de engenharia e na tecnologia uma

43 ARIEFF, A.; BURKHART, B. *Prefab*. Layton: Gibbs Smith, 2002.

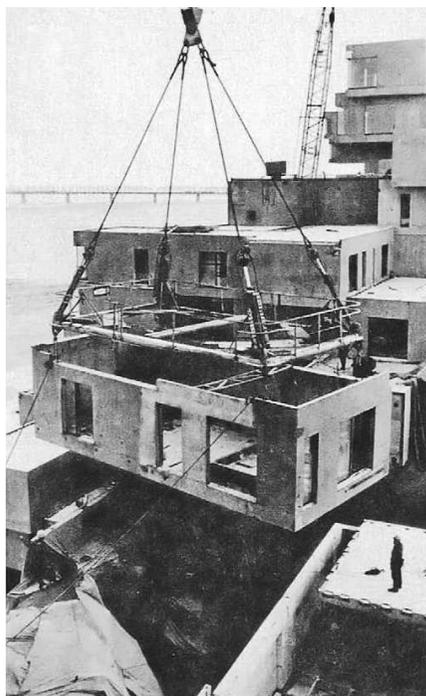
resposta viável à crise da falta de território para a expansão das megalópoles japonesas. A pré-fabricação era considerada a solução mais adequada para atacar o problema, e a ocupação dos oceanos era vista como a alternativa de localização disponível para a construção de uma nova civilização. O conceito Metabolista considerava que edifícios e espaços urbanos estariam sujeitos ao mesmo crescimento natural que as populações a que eles serviam. A elaboração de sistemas de ampliação utilizando adições sucessivas de componentes celulares geriu a concepção espacial de grande parte dos arquitetos.

Como Safdie e Rudolph, os Metabolistas utilizavam sistemas modulares, mas diferiam na questão de que os módulos estavam sempre conectados em um núcleo estrutural e de serviço. Interessa referenciar o edifício *Nakagin Capsule Tower*, do arquiteto Kisho Kurokawa. O projeto é a aplicação prática da ideia de cidade no espaço e da lógica de agregação de células pré-fabricadas. É a expressão do avanço tecnológico e da cidade mutável. Kurokawa propôs dois tipos de módulos habitacionais baseados na mesma ideia espacial, porém alterando o acesso – que poderia ser feito axial ou lateralmente – para permitir um maior número de combinações na articulação conjunta do volume. Essas células são soldadas a duas torres estruturais que albergam os elementos de circulação vertical e serviços. Nessa época o Japão se debatia com um problema de superpovoamento, daí a necessidade de construir em altura e com grande rentabilização do espaço. Ironicamente, na prática, o edifício nunca foi alterado. As cápsulas jamais foram extraídas da estrutura central, e hoje se encontram em mau estado de conservação. O investimento no núcleo de aço foi tão caro que o custo inicial do projeto era muito maior do que o de um edifício tradicional, moldado no local, do mesmo porte. Se esse conceito de módulos intercambiáveis tivesse se tornado mais amplamente aceito, a capacidade de remover elementos e a redução de custos poderia ser adquirida ao longo do tempo.

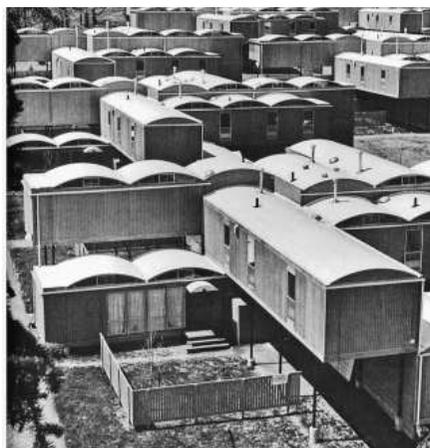
A arquitetura pré-fabricada do final do século XX, além de habitações,



52



53



54



55

Figura 52 e 53: Moshie Safdie projetou este complexo habitacional denominado *Habitat* para a Exposição Mundial de 1967 em Montreal. Aos 24 anos, Safdie desenvolveu um complexo de 158 habitações das 354 unidades pré-fabricadas modulares.

Figura 54 e 55: Um dos muitos projetos pré-fabricados durante os anos 1960 e 1970, Paul Rudolph realizou este conjunto habitacional modular em New Haven, em 1971. Esta adaptação de unidades habitacionais móveis organiza os módulos em justaposição um com o outro para criar um senso de comunidade.

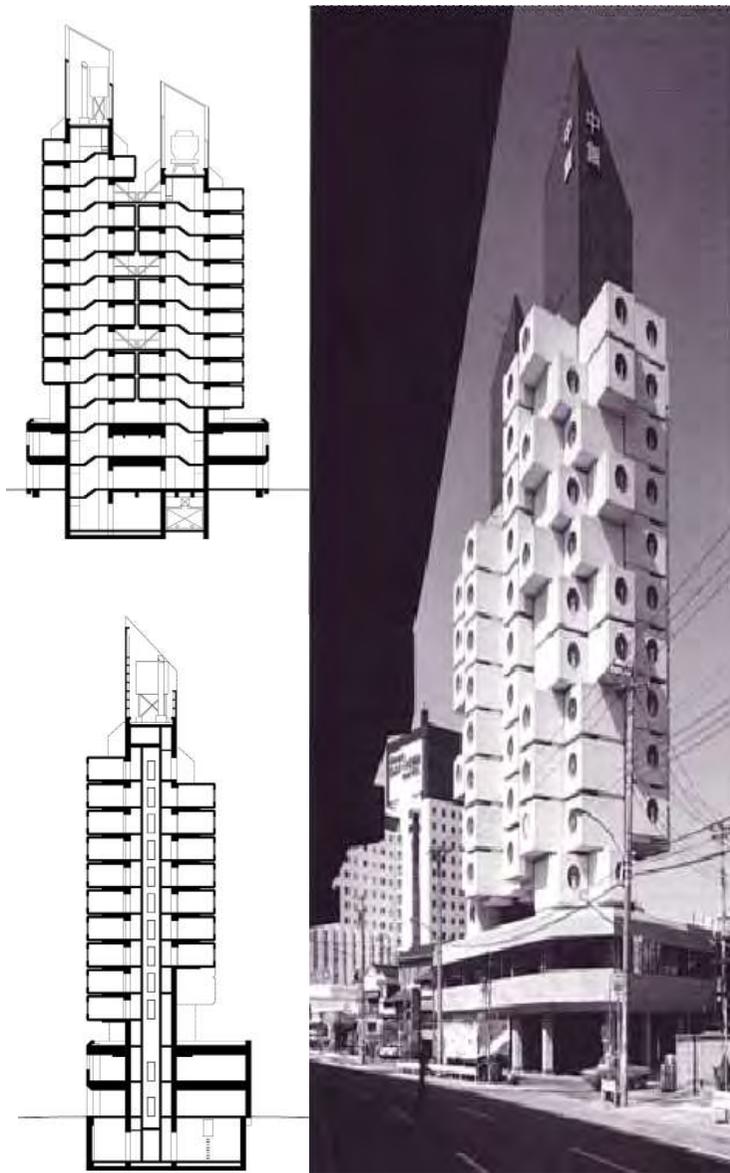
incluiu projetos em maior escala, personalizados, e para o setor público. Sendo importante citar aqui a obra de Louis Isadore Kahn. Nascido em 20 de fevereiro de 1901, na Estônia, formou-se arquiteto por volta de 1925 na escola de *Beaux-Arts* da Universidade da Pensilvânia e em seguida começou a trabalhar para o escritório de Paul Cret, onde obteve influência indireta de métodos e teorias de Choisy, Guadet, Grommort, do Estruturalismo de Viollet-le-Duc, do Racionalismo de Durand, do Classicismo racionalista de Labrouste, e outros expoentes do século XIX francês.

Em Kahn pode-se ler a influência de Viollet-le-Duc quando proclama a estrutura proporcionadora do espaço e da luz; os princípios compositivos de Durand em suas plantas, que tentam falar-nos da arquitetura como associação de quartos e da planta como reflexo do ritmo de vida de uma instituição (Centro Comunitário de Trenton); o rigor construtivo manifestado em suas axonométricas que aludem a disciplina sugestiva de Choisy.⁴⁴

O interesse de Kahn pela pré-fabricação não era na tecnologia em si, mas em revelar um material ou um sistema a partir de seu método de construção, de uma estética moral. Para os Laboratórios Richards em 1959, da Universidade da Pensilvânia, o arquiteto adota a técnica construtiva de peças pré-fabricadas em concreto, até então nunca usadas em um edifício desse caráter. Essas pesadas peças descrevem a natureza dos esforços e exaltam a monumentalidade da edificação. Kahn contatou August Komendant, um engenheiro alemão, para ajudá-lo a projetar uma estrutura de concreto pré-moldado, protendido e pós-tensionado para este edifício. Até aquela época, o concreto pré-moldado protendido só havia sido usado para projetos de engenharia civil, envolvendo aplicações tais como pontes e estradas. A fabricação dos componentes foi realizada pela Atlantic Prestressing Company, e estima-se que na época a tradicional estrutura em concreto moldado *in loco* teria um custo adicional de US\$ 200.000. O projeto foi famosamente bem-sucedido no cumprimento do

44 ROCA, Miguel Angel. Arquetipos y modernidad, Louis Kahn, 1985. In: PALERMO, N. S. As arquiteturas do tempo de Louis I. Kahn. *Vitruvius: Arquitextos*, Porto Alegre, v. 069, n. 08, fev/ 2006. Disponível em endereço eletrônico <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/06.069/382>>. Acessado em 18 MAI 2012.

45 KOMENDANT, A. E. *18 Years with Architect Louis I. Kahn*. Englewood: Aloray Publisher, 1975.



56

Figura 56: Cortes e imagem da Nagakin Capsule Tower.

cronograma. O sucesso de Kahn teve muito a ver com a sua vontade de contratar um especialista na indústria de design de peças pré-moldadas e trabalhar a fim de chegar a uma solução criativa para o uso da estrutura pré-fabricada.⁴⁵

Alguns arquitetos adeptos de ideais do Movimento *High-tech*, utilizaram a exposição do funcionamento interno do edifício como uma estética. Essa técnica até então havia sido empregada provisoriamente, mas na década de 1960, o Centro Georges Pompidou, projetado pelos arquitetos Renzo Piano, italiano, e Richard Rogers, britânico, trouxe o expressionismo monumental da alta tecnologia para um nível sem precedentes. Inaugurado oficialmente em 31 de janeiro de 1977, em Paris, o projeto, escolhido mediante um concurso idealizado pelo então presidente da França (1969-74) Georges Pompidou, causou um grande impacto sobre a população, tanto pelas decisões projetuais quanto pela autoria dos arquitetos Piano e Rogers, ambos quase desconhecidos na época. O conceito do projeto era externalizar toda a infraestrutura, tornando-a um componente do aspecto visual do edifício. Esse exoesqueleto estrutural e infraestrutural permite, por um lado, identificar claramente a função de cada elemento do prédio, e, por outro, que o interior seja completamente livre e desobstruído.

O elemento mais inovador na construção era a supraestrutura. Um modelo baseado nas possibilidades da alta tecnologia, estruturado com um sistema de conexões, tubos e cabos de aço industrializados. A pré-fabricação no episódio do Centro Pompidou não é como usualmente, uma ferramenta de construção e produção em que todos os componentes e peças são subservientes ao ideal da arquitetura. Neste caso, é a imagem da própria arquitetura.

Segundo Smith (2010), os modernistas do século XX, a exemplo de Piano e Rogers, pareciam estar menos preocupados com a pré-fabricação como um meio de fornecer soluções sociais, por isso conseguiam enxergá-la como um método de produção que poderia atingir escalas maiores, com mais qualidade. Um meio para alcançar o desejo da forma.

Porém, esses conceitos não foram vastamente aplicados em projetos habitacionais, que ainda estão fortemente atrelados à imagem da produção de construção seriada, que tinha a função de suprir a escassez habitacional após a Segunda Guerra Mundial. Até hoje, os exemplos no campo da moradia são restritos e estão fundamentalmente divididos entre a concepção de unidades e a pré-fabricação pesada. Portanto, não espanta que, entre nós, a pré-fabricação ainda seja associada ora a casas unifamiliares com forma única e predefinida, ora a obras de grande porte, implicando, nos dois casos, repetição, monotonia e impossibilidade de participação dos usuários na concepção do produto.

Em última análise, para citar o caso brasileiro, o qual não apresentou devastações devido à Segunda Guerra Mundial, como na Europa, a necessidade de construções em grande escala surgiu com força na década de 1950. O crescimento da população urbana obtinha índices nunca antes vistos, o que acabou causando problemas de déficit habitacional. Sendo assim, em 1966, foi criado pelo governo o Banco Nacional da Habitação (BNH), que deu o impulso decisivo em direção à seriação de moradias com o objetivo diminuir esse déficit. No início de sua atuação o BNH adotou uma política de desestímulo ao pré-fabricado no setor da habitação, na expectativa de incentivar o emprego maciço de mão de obra não qualificada no canteiro. Porém, na segunda metade da década de 1970, reorientou sua atuação para o atendimento das camadas de menor poder aquisitivo passando a estimular, ainda que timidamente, a introdução de novas tecnologias, como a construção com elementos pré-fabricados de concreto.

No Brasil, até bem pouco tempo atrás, os sistemas pré-fabricados destinados à construção civil eram comercializados somente em pacotes fechados. Se comprava um galpão, e não seus componentes. Hoje, apesar de este modelo continuar existindo, prevalece o uso do sistema aberto de industrialização (o qual será mais bem explicado no subcapítulo 4.2), que permite a compra de elementos isolados e com maior valor agregado como lajes, pilares, painéis e



57

Figura 57: Feito com peças pré-moldadas e concreto protendido, Richards Medical, obra do arquiteto Kahn e do engenheiro Komendant, foi construído no final dos anos 1960. Este é um dos primeiros usos de concreto protendido na construção civil.



58

Figura 58: Desenhado por Piano e Rodgers e projetado por Ove Arup de Peter Rice e Ted Happold, em 1968, este edifício foi inteiramente montado a partir de componentes pré-fabricados.



59

Figura 59: Centro Georges Pompidou, desenhado pelos arquitetos Renzo Piano e Richard Rogers.

até banheiros prontos, o que resulta em uma nova maneira de pensar a obra por completo e a arquitetura. Os arquitetos, grandes responsáveis pela continuação do processo de industrialização da construção, recorrentemente renunciam à sua atribuição básica de coordenadores do processo. Essa questão, aliada aos procedimentos ainda regidos pelo interesse do complexo industrial já instituído, provoca a persistência da manufatura seriada e o não desenvolvimento de formas de pré-fabricação com combinações e possibilidades de fabricação.

Um exemplo para o contexto não só brasileiro como internacional, oposto à desconexão entre projeto arquitetônico e pré-fabricação, é a obra de João Filgueiras Lima, o Lelé.⁴⁶ Marcada pela busca da racionalização e da industrialização, o repertório e a expressão da arquitetura do Lelé advêm do domínio técnico da construção, dos sensíveis critérios de implantação do edifício e do cuidadoso cumprimento das necessidades objetivas e subjetivas do programa. Na sua visão, o ato de projetar não constitui um processo de criação puramente intuitivo e individual, dissociado dos múltiplos níveis de conhecimento e competência técnica do objeto arquitetônico. A arquitetura enquanto linguagem e profissão prática determina que o profissional, autor e detalhista do projeto, deve ter uma concepção geral do processo, encontrando-se capaz de conceber e dominar todos os detalhes da construção.

O conjunto de projetos que Lelé desenvolveu junto à Rede Sarah de Hospitais tornou-se símbolo não só de boa arquitetura como de boa administração. O Centro de Tecnologia da Rede Sarah (CTRS), que foi inaugurado em 1992 como núcleo de pesquisa e desenvolvimento de sistemas construtivos pré-fabricados aplicados na construção dos hospitais da Rede, hoje fornece peças para outros edifícios públicos, como Escolas, Tribunais de Contas e Tribunais Eleitorais em todo o país, provando seu sucesso. E mesmo que derivem de sistemas construtivos que utilizem peças comuns, cada um dos edifícios vinculados à Rede Sarah apresenta sua particularidade estética, seja pela disposição espacial, pelo aspecto compositivo, ou pela inclusão de

46 Nascido no Rio de Janeiro em 10 de janeiro de 1932, João da Gama Filgueiras Lima, Lelé, é formado pela Escola de Belas Artes do Rio de Janeiro. Sua carreira teve início durante a construção de Brasília, onde trabalhou com o Oscar Niemeyer. Conhecido pelo trabalho com a arquitetura pré-fabricada, realizou várias obras em capitais como Brasília, Rio de Janeiro e Salvador, tornando-se um dos mais importantes arquitetos do país. Desenvolveu o projeto da Rede Sarah de Hospitais em todo o Brasil. Recebeu diversos prêmios em sua carreira, dentre eles o Grande Prêmio da Primeira Bienal de Arquitetura e Engenharia de Madrid pelo projeto da unidade do Sarah em Salvador.

estruturas formais peculiares ocasionadas por conexões que o programa venha a estabelecer – a tradição cultural, a realidade socioeconômica, os valores humanos, a disponibilidade de recursos e as condicionantes locais.

Fundamentada na pré-fabricação de componentes de argamassa armada e estruturas de aço, a arquitetura tecnológica de Lelé ocorre a partir do seu conhecimento técnico e construtivo do comportamento dos materiais, ao modo como eles são admitidos na construção e aos detalhes de fabricação e montagem do edifício, vistos como a integração das partes do sistema, de maneira racional e eficiente. Para o arquiteto, o tratamento rigoroso quanto às especificações técnicas e representações gráficas do projeto é fundamental para assegurar a racionalidade construtiva da obra, visto que a resolução do problema da construção industrializada ou pré-fabricada está no nível do detalhe. Isso significa dizer que qualquer diferença mínima de escala pode afetar consideravelmente os meios de realização e, conseqüentemente, o desempenho do edifício, argumenta o arquiteto:

A arquitetura continua sendo uma forma de integrar tecnologias, mas é preciso que os sistemas construtivos sejam bem integrados. Você não está produzindo uma grande arquitetura se você tem uma soma de tecnologias altamente sofisticadas não-integradas. Eu acho que a nossa tecnologia tupiniquim, repetindo aí o apelido que você mencionou, ela propõe uma integração de técnicas que estão ao nosso dispor para serem usadas corretamente. Aqui no Centro de Tecnologia da Rede Sarah nós usamos a argamassa armada e o aço para executar nossos edifícios. A gente tem que dominar as duas tecnologias e saber como uma se comporta em relação à outra e vice-versa. A gente tem que saber fazer a coisa de modo que ela funcione. A aplicação da tecnologia da chapa dobrada, por exemplo, pressupõe um grau de detalhamento muito grande e um saber específico sobre as formas de produção e montagem dos componentes. Tudo tem que ser dimensionado com precisão para efeito de ajuste das peças, pois as estruturas metálicas, a rigor, aceitam espaçamentos na ordem de



60

Figura 60: Hospital Sarah em Fortaleza, arquiteto Lelé, 2001.



61

Figura 61: Centro de Apoio ao Grande Incapacitado Físico do Lago Norte - Brasília, 2003. Interior do Ginásio de Esportes.



62

Figura 62: Centro de Apoio ao Grande Incapacitado Físico do Lago: sheeds possibilitam a incidência controlada do sol nos ambientes internos.

dois a três milímetros. Se você não especifica isso bem no projeto vai dar com os burros n'água, pois nada vai encaixar.⁴⁷

Apesar de a aplicação de técnicas de racionalização, sobretudo as que implicarem investimentos, como é o caso da pré-fabricação, de modo geral, não se encontrar em nível evoluído no Brasil, o trabalho do arquiteto João Filgueiras Lima aponta um horizonte para a arquitetura contemporânea. As preocupações ideológicas, tecnológicas e administrativas de Lelé, seus procedimentos metodológicos, concepções programáticas e expressões formais vêm de encontro às grandes questões em debate na arquitetura da virada para o século XXI – alta tecnologia, eficiência energética, conforto ambiental, limites de recursos naturais, economia dos meios e sustentabilidade – como expressão renovada por um novo conceito de modernidade transmitido através da arquitetura industrializada.

Assim sendo, é preciso superar estigmas, como a associação com os famigerados galpões de estrutura pré-fabricada de concreto. Muitas vezes acusada de limitar a criatividade, a história mostra ser possível criar uma arquitetura que utiliza a industrialização baseada em características de racionalidade e individualidade.

47 GUIMARÃES, A. G. L. *A Obra de João Filgueiras Lima no Contexto da Cultura Arquitetônica Contemporânea*. 2010 – 04-15. 143 p. Tese de Doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo USP. São Paulo, 2010.

Figura 63: Ao fundo - painel do artista plástico brasileiro Athos Bulhões.

Figura 64: Centro de Apoio ao Grande Incapacitado Físico do Lago - os hospitais de Lelé tornam-se locais amenos, generosos, lúdicos, ricos em volumes e cores.



63



64

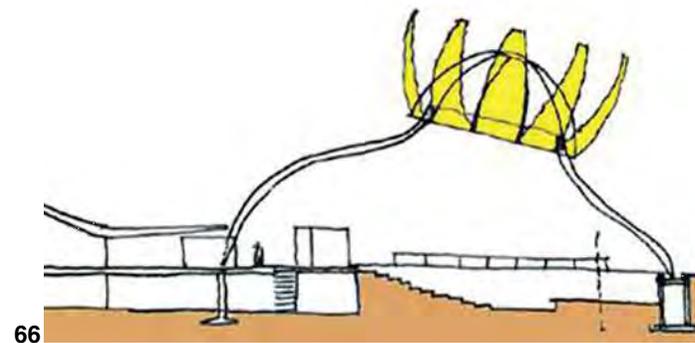


65

Figura 65: Lelé - vista panorâmica do Hospital Sarah Rio (2002-2009). Auditório de planta circular, concebido como unidade independente e destacada em relação aos demais blocos (lado esquerdo da foto).

Figura 66: Lelé - Auditório do Hospital Sarah Rio. Croquis.

Figura 67: Lelé: Auditório do Hospital Sarah Rio. Foto. Para garantir a necessária incidência de luz solar, Lelé cria um eixo inclinado, onde se localiza a principal abertura. Uma viga sinuosa faz um movimento de translação em torno desse eixo, gerando dessa forma o volume da edificação.



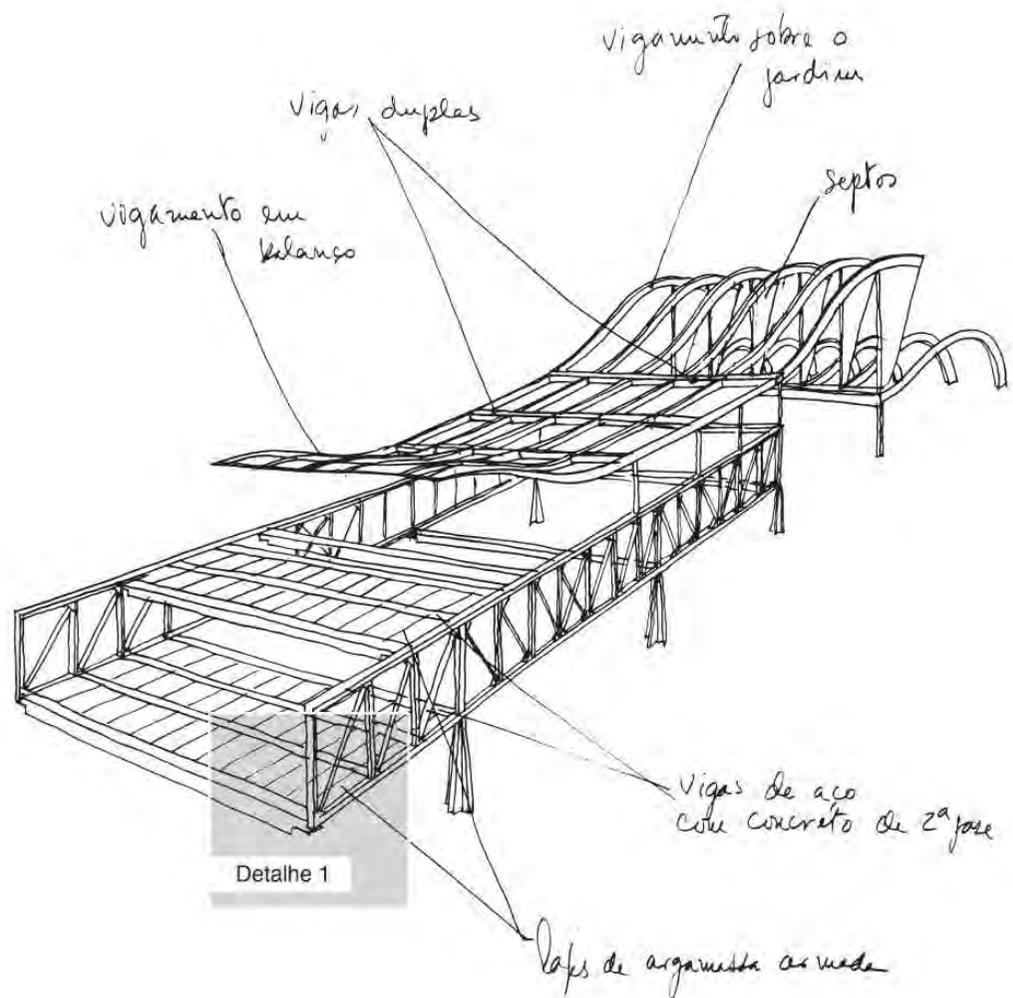


Figura 68: Lelé - Sede do Tribunal de Contas da União de Minas Gerais. Sistema construtivo.

3 FUNDAMENTOS DE PROJETO COM ELEMENTOS INDUSTRIALIZADOS

Pré-fabricação não é revolucionário, é evolucionário. Os avanços ocorreram através da prática. Cada exemplo histórico oferece uma visão sobre como peças industrializadas podem ser aproveitadas na concepção do desenho de uma edificação, e temas semelhantes sugerem formas com que os arquitetos podem tirar partido da pré-fabricação. Muitas falhas aconteceram devido à falta de um processo integrado com o projeto arquitetônico e o desenvolvimento industrial.

Uma série de boas ideias de arquitetura e engenharia que não obtiveram sucesso comercialmente pode ser citada: a *Fuller Dymaxion* (1928) e a *Wichita House* (1944), compostas por geometrias circulares com pele de alumínio; a *Fisher General Houses Corporation* (1932) e as *McLaughlin American Houses* (1933), com painéis de fechamento exteriores semelhantes aos usados em aviões; a *Wright Usonian Assembled House* (1932), constituída por um núcleo de serviço personalizado, em alvenaria, e placas de fachada em madeira; *Keck House of Tomorrow* e *Crystal House* (1933), kits de componentes de aço para montagem com encaixes; a *Prepacked House* (1942), de Gropius e Wachsmann, formada por conectores de quatro vias, molduras e painéis de fechamento exterior e interior, que poderia ser erguida ou desmontada em um único dia; as *Lustron Corporation Houses* (1948), que são casas com painéis personalizados tipo sanduíche, revestidos com aço esmaltado; a *Safdie Habitat* (1967), arranjada por uma variedade de unidades habitacionais pré-fabricadas que reunidas formam uma configuração única; e a *Metabolists Capsule* (1968), configurada por um núcleo central, com funções estrutural e de serviços, com módulos pré-moldados conectados a ele.

Todas essas experiências mostram-se competentes e tecnicamente prontas para o mercado. O problema é que elas não se prestavam para a manipulação e manutenção ao longo do tempo. Por exemplo, as propostas de Fuller apresentavam técnicas avançadas para a época, mas teriam exigido uma

ação contínua da oferta, a fim de manter os métodos de construção durante o seu ciclo de vida. Os sistemas são atualizados com frequência suficiente para que a quase totalidade da casa seja ultrapassada após a sua primeira década de existência. No caso da habitação residencial, que normalmente possui um período de vida longo, essa questão torna-se mais acentuada devido à necessidade dos proprietários de manipular o espaço através de métodos acessíveis.

Não só os sistemas ficam desatualizados e precisam de substituição, mas também as preferências estéticas mudam ao longo do tempo. Esses modelos fechados tendem a impor ideias específicas, estilos e materiais que são difíceis de modificar para se adaptar a padrões de vida individuais. As propostas mais conceituais a de Safdie e os projetos Metabolistas foram lançadas buscando proporcionar flexibilidade, a fim de possibilitar alterações ao longo do tempo. Mas como suas histórias confirmam, em função do alto custo da manipulação para desmontagem de um módulo ou montagem de uma unidade nova, as edificações construídas não sofreram atualização.

Em contrapartida, há uma lista de experiências bem-sucedidas, que têm em comum a questão de basearem-se em séries flexíveis, no ofício e na montagem de componentes externos industrializados que podem ser combinados entre si de diferentes maneiras, para atender a distintos programas: no século XIX, a *Casa de Manning* utilizou peças estruturais e de fechamento em madeira, padronizadas e altamente transportáveis, um sistema flexível que poderia servir para criar unidades com diferentes metragens quadradas; em 1832, o surgimento do ferro ondulado – aplicável nas edificações através de peças em chapa laminada com nervuras, leves, empilháveis e versáteis – representou uma ótima solução, ainda hoje amplamente utilizada, para fechamentos externos de tetos e paredes; em 1833 surge o sistema *Balloon Frame*, modelo construtivo de pranchas delgadas de madeira para paredes, pisos e estrutura de cobertura, conectadas por pregos, formando uma casca estrutural; e o Palácio de Cristal

de 1851, construído com peças personalizadas – em ferro fundido, substituíveis e com um grande volume de repetição, que reduziram drasticamente o tempo e a força de trabalho necessários para construção do edifício – para o próprio prédio, que, caso necessário, poderia ser reconfigurado devido à flexibilidade do sistema.

Os exemplos apresentados no parágrafo anterior oferecem um contraponto perspicaz para explicar definições de sistemas pré-fabricados para a arquitetura. Os modelos maleáveis, que oferecem flexibilidade, mostraram-se mais bem-sucedidos que os fechados, rígidos. O *Balloon Frame*, tecnologia criada a mais de um século, que em 2003 foi o método utilizado em cerca de 75% de todas as habitações novas nos Estados Unidos, é um exemplo de sucesso comercial, disponível no mercado americano a um custo acessível.¹ As peças que compõem esse tipo de estrutura podem ser combinadas entre si de diversas maneiras, configurando formas distintas, com velocidade e facilidade de montagem.

Um projeto arquitetônico com uso de pré-fabricação envolve não só o desenho da união de materiais e conexões detalhadas para obter uma forma padronizada ou única, deve ser concebido a partir de um ponto de vista de produção. Le Corbusier afirmou em seus escritos que o projeto da *Maison Citrohan* foi desenvolvido para ser construído como um automóvel.² Apesar de não estar claro se ele realmente foi destinado aos métodos de produção pré-fabricados, o certo é que Corbusier acreditava na industrialização como o meio de oferecer à sociedade moradia com qualidade a preços acessíveis e via na arquitetura a necessidade de refletir essa questão esteticamente, pensando na produção como parte integrante do processo.

Pré-fabricação e integração são princípios colaterais. A arquitetura é um esforço criativo, mas a criatividade é desenvolvida a partir de referenciais, técnicas, padrões e normas preexistentes. Em muitos casos o interesse dos arquitetos pela produção é superficial, mas um projeto que pretende utilizar a pré-

1 SMITH, Ryan E. *Prefab architecture: a guide to modular design and construction*. John Wiley & Sons, Inc, 2010.

2 Idem

fabricação deve estar estreitamente relacionado em uma cultura de colaboração com os sistemas construtivos. A escolha de uma técnica de edificação deve ocorrer no início do processo de criação, enriquecer-se e aprimorar-se, durante o desenvolvimento do projeto, em harmonia com o partido adotado e levando em conta todos os valores que caracterizam uma obra de arquitetura. As soluções devem nascer com o projeto e ser compatibilizadas com as diferentes especialidades presentes, tendo os profissionais uma percepção clara das decisões técnicas, da repercussão no canteiro, além de predisposição para trabalhar em equipe.

4 SISTEMAS PRÉ-FABRICADOS

Há mais de 2000 anos, em seu tratado *De Architectura*³, Marcus Vitruvius Pollio propôs que a boa arquitetura seria aquela que exibisse equilíbrio entre os seguintes padrões de proporções e princípios conceituais: “Firmitas” (solidez) e “Utilitas” (adequação formal), que fazem parte do lado racional do conhecimento, e “Venustas” (beleza), que é o componente estético dessa tríade de elementos.

No século XIX, essa concepção, que até meados do século XVII perdurou – tendo sido reinterpretada e aplicada no Renascimento por arquitetos como Alberti e Palladio –, torna-se mais complexa, integrando com os modos de composição fatores relacionados ao espaço, ao local em que o objeto arquitetônico será inserido. Ideal sedimentado nas primeiras décadas do século XX pelas mãos de Le Corbusier e de outros arquitetos. O termo “forma” passa a identificar-se com o conceito moderno de estrutura – e não com a aparência de um objeto, com seu aspecto ou sua conformação externa.

O formal sempre se refere à estrutura relacional ou sistema de relações internas e externas que configuram um artefato ou episódio arquitetônico e determinam a sua identidade. Esse sentido relacional da forma é, no âmbito da arquitetura moderna, uma consequência (sic.) da sua renúncia aos valores de objeto como algo fechado em si mesmo. A idéia (sic.) de forma como relação entre elementos é válida para todos os níveis ambientais, pois a forma não tem escala, pois afasta de vez a crença de que os objetos modernos são indiferentes ao entorno em que se inserem, o que violaria, se fosse verdade, um princípio essencial do pensamento criativo da modernidade.¹

A pertinência da forma arquitetônica é atingida quando as decisões tomadas pelo projetista estão fundamentadas e respondem às condicionantes do projeto: o lugar, o programa e a construção, pontos que se articulam mutuamente ao longo do processo projetual. Com base nessas interpretações, Edson Mahfuz

¹ VITRUVIUS, Marco P. *Vitruvius on Architecture*. Cambridge: Harvard University Press, 1931.

propõe uma redefinição dos aspectos essenciais da arquitetura por meio de um quarteto composto por condições internas ao problema projetual (programa, lugar e construção) e uma condição externa, o repertório de estruturas formais adquirido, que fornece os meios de sintetizar na forma as outras três.

Falando especificamente do uso da arquitetura histórica, é só através de uma visão abstrata do passado que podemos torná-lo de utilidade para nossos interesses atuais. Ao mencionar a importância do uso de estruturas formais existentes, é importante mencionar a relação entre autenticidade e originalidade. Projetar nunca significou inventar algo do nada, nem tem a ver com a busca de originalidade e ineditismo. A lição mais relevante da arquitetura moderna não é a busca do novo, mas do autêntico, característico de projetos ordenados por leis que lhe são próprias. A obsessão pela originalidade de muitos arquitetos contemporâneos é irrelevante para a evolução da disciplina; um projeto deveria sempre começar no edifício que melhor resolveu um caso de características similares. O verdadeiro ato criativo não está nos elementos, mas na ação de associá-los.²

O repertório de estruturas formais se manifesta como a síntese daquilo que é capaz de definir o caráter representativo funcional do objeto arquitetônico, a organização espacial, os limites físicos da construção e uma composição tectônica coerente no que se refere à racionalidade construtiva, a partir do emprego de uma tecnologia apropriada. A construção, o meio ou o sistema com que se construirá, seja convencional, de pré-fabricação ou de qualquer sistema de industrialização, faz parte do processo de desenvolvimento do projeto. Dialoga com as outras três condicionantes básicas – lugar, programa e estrutura formal –, podendo fornecer as bases e facilitar o caminho ou, na sua formulação, ser influenciada por elas, estabelecendo dialéticas projetuais.

A importância da construção para a arquitetura é tanta que se

² MAHFUZ, Edson da Cunha. *Reflexões sobre a construção da forma pertinente*. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/04.045/606>>. Acesso em: nov. 25 2012.

Figura 69: Diagramas elaborados por Edson da Cunha Mahfuz, ilustrando a Tríade Vitruviana e o Quarteto Contemporâneo.



poderia afirmar que não há concepção sem consciência construtiva. A construção é um instrumento fundamental para conceber, não apenas uma técnica para resolver problemas. É essa consciência que separa a verdadeira arquitetura da pura geometria e das tendências que preferem abstrair a realidade física dos artefatos que projetam. [...] o desenvolvimento de um projeto consiste, em grande parte, no ajuste contínuo entre essas duas estruturas. Longe de constituir um entrave à criação arquitetônica, a construção introduz uma disciplina da qual a boa arquitetura tira proveito.³

Assim como outras áreas de produção de objetos para uso do homem, a arquitetura está relacionada com as alternativas tecnológicas disponíveis em uma determinada época e/ou local. A noção de tecnologia no processo de projeto e produção do espaço arquitetônico é não só um meio para permitir o desenvolvimento de novos e melhores espaços habitáveis, mas também é o testemunho das opções materiais, técnicas e estéticas de sua feitura, e de sua inserção num dado ambiental socioeconômico e cultural. A tecnologia pode ser entendida, em termos gerais, como o conjunto organizado de saberes, materiais e processos destinados ou aplicados à transformação de uma dada realidade material. Em arquitetura, mais especificamente, fazem parte desse conjunto os materiais, as técnicas, os sistemas e os processos coordenados para o projeto e a produção do espaço arquitetônico.

A partir de Bruna (1976), que trata do desenvolvimento dos mecanismos produtivos em arquitetura associado às revoluções industriais, percebe-se que os processos de projeto e produção, em sua maioria, são híbridos, isto é, constituídos por elementos (etapas de projeto e subsistemas construtivos) presentes em fases distintas da história dos avanços tecnológicos. Sendo assim, os pontos de tensão dos procedimentos e do controle de suas variáveis – como tempo, dimensões e processos de montagem – são transferidos para essa interface.

Com os períodos de desenvolvimento da tecnologia apresentados ao

3 MAHFUZ, Edson da Cunha. *Reflexões sobre a construção da forma pertinente*. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/04.045/606>>. Acesso em: nov. 25 2012.

longo do tempo, os quais, em arquitetura, não são lineares e coexistem nos dias atuais, surgiram sistemas de produção e montagem de elementos pré-fabricados, que podem funcionar como ferramentas de projeto nos casos em que o arquiteto assume o papel de difusor do sistema. Para isso, o profissional deve ter conhecimento de suas aplicações e de suas exigências projetuais, potencializando a obtenção de maiores possibilidades técnicas, resultados plásticos e funcionais.

O estudo da utilização dos sistemas construtivos de pré-fabricação no projeto arquitetônico pode ser classificado de acordo com suas especificidades, que se relacionam, principalmente, a regras de compatibilização e de montagem. Sendo assim, é possível dividi-los em três grupos distintos, os quais serão discutidos separadamente nos subcapítulos 4.1, 4.2 e 4.3, a seguir:

- Sistemas Pré-fabricados de Ciclo Fechado;
- Sistemas Pré-fabricados de Ciclo Aberto;
- Sistemas Pré-fabricados Flexibilizados.

4.1 CICLO FECHADO

O Sistema Pré-fabricado de Ciclo Fechado¹ é caracterizado por uma organização que reúne etapas desde o projeto até os últimos detalhes, isto é, a fabricação, o transporte e a montagem. Um único fabricante ou grupo de empresas coligadas produz todos os elementos, executa o produto final, o edifício completo, com seus próprios meios. As dimensões das peças e conexões são projetadas e fabricadas para serem usadas em uma única construção. Para Oliveri (1972), esse tipo de raciocínio está associado à ideia de, por exemplo, se adquirir uma casa pronta, assim como fazemos com automóveis ou qualquer

Revoluções Tecnológicas

Pré Revolução industrial	1ª Revolução industrial	2ª Revolução industrial	Revolução Digital - Informacional
<ul style="list-style-type: none"> • Inexistência de Projeto/ Projeto Manual • Produção Artesanal, Tradicional - corporações 	<ul style="list-style-type: none"> • Projeto Manual • Pré - Fabricação de componentes e montagem em canteiros • Novos Materiais: Ferro e Vidro 	<ul style="list-style-type: none"> • Projeto Manual • Industrialização da Construção (organização e produção em série - novas relações de produção e mecanização dos meios de produção) • Novos materiais: concreto • Grandes possibilidades de atender demandas sociais quantitativas e alguma possibilidade de atendê-las associadas a demandas de originalidade/ identidade/ variabilidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Projeto Informatizado: CAD - CAE, prototipagens, etc. • Produção Industrializada integrada com o projeto • Grande possibilidade de atender demandas sociais quantitativas e de originalidade/ identidade/ variabilidade (produção em sistema aberto e objetos únicos - pequenas séries)

70

Figura 70: Tabela Interpretativa de Revoluções Tecnológicas ocorridas ao longo da história.

outro tipo de produto industrializado. Comparado com as ligeiras variações e intercambialidade de fabricação de veículos, a dificuldade com edifícios é a singularidade de cada unidade.

Segundo Bruna (2002), esse método de construção passou a ser chamado Industrialização de Ciclo Fechado desde que os edifícios, principalmente os residenciais, passaram a ser subdivididos em grandes elementos, em geral, painéis-parede, fabricados em usinas fixas ou móveis ao pé do canteiro e montados por guas, com equipes reduzidas de operários. A evolução aconteceu em função da necessidade de reconstrução da Europa no período pós-guerra. Os elementos pré-fabricados de concreto armado foram muito utilizados. No entanto, os painéis eram produzidos em tamanhos reduzidos, o que acabava gerando diversas juntas verticais, de difícil execução, sendo necessário aumentar o tamanho dos painéis para a conseqüente redução no número de juntas. Esses elementos cresceram até o ponto de atingirem o tamanho de um vão completo, fazendo com que as juntas passassem a existir apenas entre elementos transversais e longitudinais, que corresponderam às ligações mais fáceis de serem executadas. Desta forma, os painéis de concreto armado com função estrutural de grandes dimensões se estabeleceram com muita rapidez pela Europa. No pós-guerra o Ciclo Fechado representou a tecnologia dominante, conforme afirma Ferreira (2003).

Como uma das vantagens desse sistema de produção destaca-se a ausência de incompatibilidade entre as peças, devido ao fato de toda edificação ser produzida por uma única fábrica.

A grande vantagem dos sistemas fechados é permitir a produção em grande série com uso de métodos industriais de massa de modo a reduzir custos por unidade produzida, e ampliar a qualidade e o conteúdo tecnológico do sistema construtivo, com garantia de perfeita conectividade e integração entre componentes construtivos.⁵

4 BAPTISTA, Sheyla M. *Industrialização das Construções, Racionalização das Construções*, UFSCA.

5 FABRÍCIO, M. *Industrialização das Construções: Uma Abordagem Contemporânea*, 2008. In: VERNIZ, D. *Industrialização de Construções Complexas: Estudo de Caso em Obras de Hospitais*, Plano de Dissertação. Disponível em: <http://www.iau.usp.br/pesquisa/grupos/arquitec/Debora/Plano_debora.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2012.

Outro benefício é a redução dos custos de projeto e de fabricação, desde que o modelo seja vinculado a uma produção em massa distribuída uniformemente por um longo período de tempo. A ideia é aplicar na construção civil os mesmos conceitos adotados em outros setores da indústria, com índice elevado de repetição dos elementos pré-fabricados. Portanto, quanto maior for a série contratada, mais viável será a industrialização, amortizando os custos do projeto e dos equipamentos.

Dentro dessa filosofia, conforme Ferreira (2003) expõe, o sistema foi tido como inflexível, pois nele a modulação funciona como parâmetro de racionalização de insumos e de compatibilidade entre os subsistemas e componentes do produto, mas não necessariamente para compatibilização do produto com outros processos construtivos, havendo assim uma baixa maleabilidade arquitetônica por conta da padronização global. Segundo Bruna (1976), era inviável modificar uma linha de produção uma vez por mês, ou uma vez a cada dois meses. Na época, quanto maior fosse a mecanização, menos elástica era a possibilidade de introduzir modificações no ciclo produtivo e mais rígidos eram a programação, o controle e a organização.

Desta forma, observa-se que a construção pré-fabricada foi classificada, durante muitos anos, como uniforme, monótona e com flexibilidade zero na rigidez da arquitetura, tendo como símbolo o grande painel pré-fabricado de concreto utilizado na reconstrução da Europa destruída pela Segunda Grande Guerra.

4.2 CICLO ABERTO

Se, por um lado, o Ciclo Fechado presume a produção em massa do edifício por completo, por outro, o Ciclo Aberto aplica esse mesmo raciocínio às partes que o constituem (OLIVERI, 1972). Segundo Ferreira (2003), esse

71



Figura 71: Conjuntos habitacionais pré-fabricados em Halle Neustadt.

Figura 72: Conjunto habitacional do período pós-guerra; utiliza-se de peças pré-fabricadas a partir de partes de escombros de outras edificações, cidade de Dresden.

72



modelo foi criado na Europa em oposição à filosofia dos sistemas pré-fabricados como produtos fechados.

O Sistema de Pré-fabricação de Ciclo Aberto já fazia parte das propostas para a habitação mínima, discutidas pelos arquitetos de vanguarda nos anos cruciais do primeiro pós-guerra, que pensavam na questão da necessidade para esse conceito de construção, de regras de compatibilização entre peças, componentes e subsistemas, para que houvesse a possibilidade de múltiplas composições. Como descreve Gropius:

É totalmente errada a afirmativa de que a industrialização habitacional redundará em degenerescência das formas artísticas [...]. Não se deve rezear a monotonia existente nas casas suburbanas inglesas, desde que seja cumprida uma exigência básica: só as partes de construção serão tipificadas, os corpos erigidos por meio delas hão de variar.⁶

Esse modelo caracteriza-se pela capacidade de proporcionar uma grande variedade de possibilidades de desenvolvimento de desenhos de tipologias. É constituído por séries flexíveis, características da industrialização de objetos, onde diferentes programas são atendidos pela mesma linguagem. Os elementos produzidos poderão ser combinados entre si numa grande variedade de modos, gerando os mais diversos edifícios e satisfazendo uma larga escala de exigências funcionais e estéticas. Dessa forma, se permite que os arquitetos influenciem a produção de maneira mais direta.

É preciso realizar uma fabricação com características básicas de um Ciclo Aberto de produção para obtenção de flexibilidade no sistema, conforme descreve Bruna (1976). É preciso que tais elementos sejam substituíveis por outras peças de diferentes fornecedores, intercambiáveis dentro da mesma obra, combináveis entre si, formando conjuntos maiores, e, finalmente, permutáveis por diferentes tamanhos e quantidades de peças. Assim, a dificuldade maior

6 GROPIUS, W. *Bauhaus: nova arquitetura*. São Paulo: Perspectiva, 1972. p. 196.

está na necessidade de estabelecer critérios aceitáveis para todos os atores da cadeia produtiva de elementos do sistema aberto de industrialização, sejam eles projetistas, fabricantes ou construtores.

Para que se conseguisse coordenar essas peças pré-fabricadas, foi preciso realizar um acordo dimensional que, em síntese, recebeu o nome de Coordenação Modular. Segundo Bruna (1976), essa teoria desenvolvida durante o século XX tem como objetivo padronizar as dimensões das construções, a fim de reduzir a variedade de tamanhos dos componentes produzidos tomando como referência a dimensão de base denominada módulo, que significa pequena medida (do latim, *modulus*). Na definição de Rosso, coordenação modular é uma metodologia que permite estabelecer relações sistêmicas de integração entre componentes e entre estes e o produto final (o edifício), visando a aplicação do método industrial ao processo de edificação e proporcionando grandes benefícios no que diz respeito a qualidade, desempenho e racionalização.⁷

A Coordenação Modular tem a preocupação de ordenar as relações das dimensões entre os vários elementos do projeto, para auxiliar o processo de produção do edifício, facilitando a conexão dos componentes. Duas concepções foram abordadas: unidade de medida – todos os componentes são múltiplos do módulo; e fator numérico – correlação entre os termos de uma série de números ou entre as dimensões de uma gama de grandezas.

A partir disso, foi necessário retomar a pesquisa arquitetônica com o objetivo de desvendar o problema da composição e racionalizar essas deficiências. A edificação foi dividida em diversos elementos e o projeto em sucessivas etapas, analisando-se primeiramente as partes, e, em seguida, a forma com que poderiam combinar-se. Através desse método foi possível racionalizar a concepção de projeto colocando as decisões no seu determinado tempo, na escala própria e permitindo realizar uma subdivisão dos componentes adequando-os a uma produção industrial, a qual permitia produzir na quantidade e no tempo exigidos pelo mercado, de maneira econômica.

7 ROSSO, T. *Racionalização das Construções*. São Paulo: FAU/USP, 1990.

Por meio da utilização de um módulo base para estabelecer os parâmetros dimensionais da arquitetura é facilitada a compatibilização dos diversos projetos de uma mesma construção (arquitetônico, estrutural, instalação e cobertura), favorecendo a comunicação entre projetistas, fabricantes e construtores devido à definição de um sistema métrico pré-fixado que norteia todas as etapas do processo, garantindo à obra um tratamento formal e construtivo uniforme. Os subsistemas construtivos (estrutural, vedação, cobertura e instalação), com caráter independente e intercambiável, se inserem de maneira compatível e integrada sem interferir no desempenho funcional das demais ou mesmo comprometer o padrão estético e compositivo da edificação. Além disso, o conceito de modulação propicia a flexibilidade de uso dos espaços internos e favorece posteriores reformas, ampliações, manutenções e adaptações em geral requeridas pelas necessidades de alteração do programa.⁸

A ideia projetual deste Ciclo adapta-se à ruptura metodológica introduzida pela modernidade – tratando a forma como um quebra-cabeça, passo a passo, em um processo de tentativa e erro –, que foi acompanhada por uma transformação radical na natureza do artefato arquitetônico. Como descreve Carlos Martí Arís, na arquitetura tradicional os diferentes subsistemas que compõem o edifício (estrutura portante, esquema distributivo, organização espacial, mecanismos de acesso, relação com o exterior, etc.) coincidem entre si, se sobrepõem de modo exato e unívoco, estabelecendo nitidamente sua forma tipológica. Na arquitetura moderna todos esses subsistemas podem ser isolados e abstraídos, podem ser pensados de modo autônomo segundo suas estratégias particulares as quais, embora cúmplices, não precisam ser necessariamente coincidentes. Na arquitetura tradicional os diversos subsistemas convergem univocamente na definição do tipo e este, ao ser fixado, determina e constrange, por sua vez a configuração daqueles, subordinando-os à diretriz estabelecida pelo tipo. Na arquitetura moderna, em troca, os subsistemas não se identificam com o tipo [ou a estrutura formal] nem são pré-determinados por ele.⁹

8 GUIMARÃES, A. G. L. A Obra de João Filgueiras Lima no Contexto da Cultura Arquitetônica Contemporânea. 2010 – 04-15. 143 p. Tese de Doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo USP. São Paulo, 2010.

Nos Estados Unidos, país que conta com uma longa tradição na indústria, um dos primeiros exemplos de utilização desse sistema foi o prédio para os Laboratórios Richards, já citado no subcapítulo 2.2, de Louis I. Kahn, no qual o arquiteto adota a técnica construtiva de peças pré-fabricadas em concreto, até então nunca usadas em um edifício desse porte. No Brasil, a obra do arquiteto João Filgueiras Lima, dito Lelé, também comentada no subcapítulo 2.2, destaca-se com exemplares como as edificações desenvolvidas para a Rede Sarah de Hospitais do Aparelho Locomotor e a Escola Rural Abadiânia. Em Porto Alegre, o Auditório Máster do Centro Universitário Ritter dos Reis (2006), do arquiteto Cláudio Luiz Araújo, é um exemplo recente.

No campo de residências unifamiliares, são exemplos os “kits de montagem” que atualmente surgem com cada vez mais força no mercado. Propostos como uma espécie de “faça você mesmo”, apresentam soluções arquitetônicas com sistemas modulares, que proporcionam opções variadas de composições, adaptáveis para cada situação específica. Caso dos projetos disponíveis na parceria da revista Dwell com a EmPyrean, empresa norte-americana de arquitetura, planejamento e fabricação de componentes. A Dwell by EmPyrean tem projetos idealizados por Joseph Tanney e Robert Luntz, do escritório nova-iorquino Resolution: 4 Architecture, além do pacote *FlatPark*, de Charlie Lazor, e das *Deck House* e *Next House* de Joel Tukul.



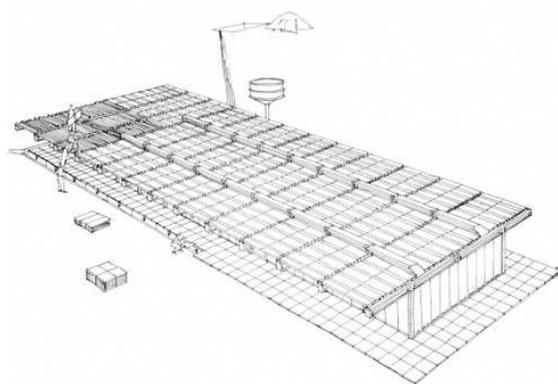
73

Figura 73: Hospital Sarah Kubitschek de Brasília; foi utilizada a tecnologia da pré-fabricação em sua estrutura metálica e argamassa armada.



74

Figura 74: Hospital Sarah Kubitschek; em Brasília, a utilização da pré-fabricação fez com que houvesse resultados financeiros vantajosos em relação ao sistema tradicional de construção.



75

Figura 75: Escola Rural para 50 alunos, em Abadiânia; modelo serviu como protótipo de construção racionalizada com o uso de pré-fabricação. A rapidez no canteiro de obra devido ao uso de peças industrializadas permitiu ao arquiteto Lelé construir mais de duzentas escolas em cerca de dois anos (1984-1986).

Figura 76: Centro Universitário Ritter dos Reis, do arquiteto Cláudio Luiz Araújo.

76



Figura 77: Aberturas laterais flanqueiam o corpo principal, fazendo com que a plateia continue externamente na área aberta.

77



Figura 78: Com *pluggs* a serem conectados na estrutura vertebral já constituída e em pleno funcionamento, é o que determina o conceito da edificação, que delicadamente ligam-se ao corpo principal através da circulação configurada pela esquadria poliédrica.

78



Figura 79: O auditório conecta-se com o átrio principal através de foyer.

79





80



81



82

Figuras 80, 81 e 82: Os espaços laterais de circulação, dentro da esquadria irregular, ainda permitem um confortável meio de intermediação entre interior e exterior.

Figuras 83, 84 e 85: Auditório Master da UniRitter do arquiteto Cláudio Luiz Araújo utilizou-se de pré-fabricação em grande parte de sua construção, como fundação, superestrutura, cobertura e fechamentos laterais.





Plantas e fachadas das casas oferecidas pela norte-americana Empyrean. À esquerda, a Nexthouse 2500; no centro, o Lazor Office FlatPak e, à direita, The Dwell Home, proposta de Resolution: 4 Architecture

Figura 86: Plantas e fachadas das casas oferecidas pela norte-americana Empyrean. À esquerda, a NextHouse 2500; no centro, o Lazor Office FlatPark, e à direita, The Dwell Home, proposta de Resolution: 4 Architecture.

4.3 CICLO FLEXIBILIZADO

Os Sistemas Pré-fabricados de Ciclos Flexibilizados recebem esse nome, segundo Ferreira (2003), devido ao fato de que não apenas os componentes são “abertos”, mas todo o sistema o é, e, portanto, o projeto também passa a ser, para adequar-se a qualquer tipologia arquitetônica.

Esse modelo de industrialização pertence ao conceito de flexibilidade organizacional pós-fordista, cuja periodização inicia-se nos anos 1970. Antes disso, entre o pós-guerra e os anos 1960, predominava o caráter técnico-gereencial fordista de rigidez organizacional baseado na utilização de uma mão de obra especializada sob técnicas repetitivas de produção de peças padronizadas em série.¹⁰

O Ciclo Flexibilizado surgiu a partir do Sistema Toyota, um modo de coordenação de produção originário do Japão – criado por Taiichi Ohno¹¹ – que nasceu nas fábricas da montadora de automóvel Toyota após a Segunda Guerra Mundial. Baseado em padrões ditados a partir das transformações principalmente tecnológicas e de consumo, esse modelo serviu como base às teorias da Produção Enxuta (Lean Production)¹², que busca introduzir a liberdade de projeto a partir da organização dos processos projetual e produtivo, permitindo variações no sistema de acordo com o desejo dos consumidores, além de reduzir custos. O toyotismo tem como objetivo a produção de um bem exatamente no momento em que ele é demandado, necessário – ao contrário da filosofia fordista de produzir muito e manter a mercadoria em estoque –, possibilitando atender a demandas sociais de originalidade, identidade e variabilidade e utilizar componentes construtivos fabricados sob medida, fruto de planejamento prévio.

Seguindo essa filosofia e aliados às crescentes inovações do uso do laser coligado aos computadores, os Ciclos Flexibilizados atualmente estão estabelecendo um novo relacionamento entre tecnologia, projetistas e usuários.

10 FARAH, M. F. S. *Processo de trabalho na construção habitacional: tradição e mudança*. São Paulo: Annablume, 1996.

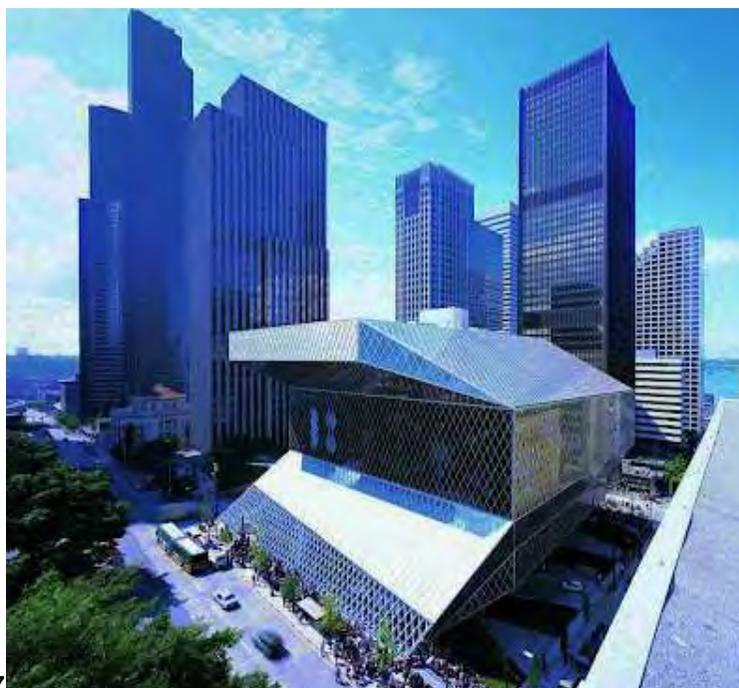
11 Considerado o maior responsável pela criação do Sistema Toyota de Produção.

12 Conceito para a gestão de processos na construção civil com o objetivo de adaptar alguns conceitos e princípios gerais da área de Gestão da Produção às peculiaridades de cada setor.

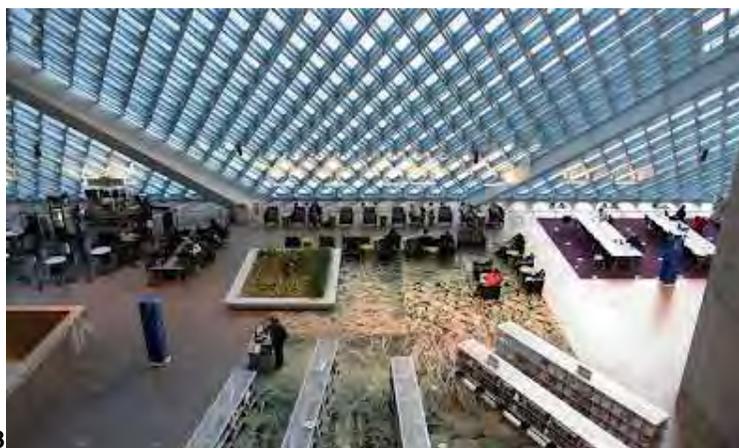
A integração da produção industrializada com o projeto informatizado, mais do que propor abstratas tipologias universais, está aproximando as soluções às necessidades e aspirações individuais, permitindo cada vez mais o desenvolvimento de pequenas séries formadas por objetos compostos a partir de elementos únicos.

Recentemente, grandes edifícios, como a torre Swiss Re (2004), de Norman Foster, em Londres, e a Biblioteca Central de Seattle (2004), de Rem Koolhaas, caracterizam exemplos do design de edificações baseado em componentes construtivos industrializados sob medida com peças únicas destinadas a um edifício específico.

As propostas para moradia do professor Lawrence Sass, que desenvolveu a *Digitally Fabricated Housing for New Orleans*, e dos australianos Jeremy Edmiston e Douglas Gauthier, autores da casa *BURST*008*, as quais serão discutidas no próximo capítulo, para a exposição do MoMA de estudos de caso, são exemplos baseados na nova técnica do laser que permite cortar pranchas de madeira compensada com formas complexas e diferentes, inclusive elaboradas *in situ*. Assim, as peças construtivas, são elaboradas de acordo com as diferentes circunstâncias.



87



88

Figuras 87 e 88: Biblioteca Central de Seattle, projeto do escritório OMA.



89



90

Figuras 89 e 90: Torre Swiss Re, de Norman Foster.

5 ESTUDOS DE CASO

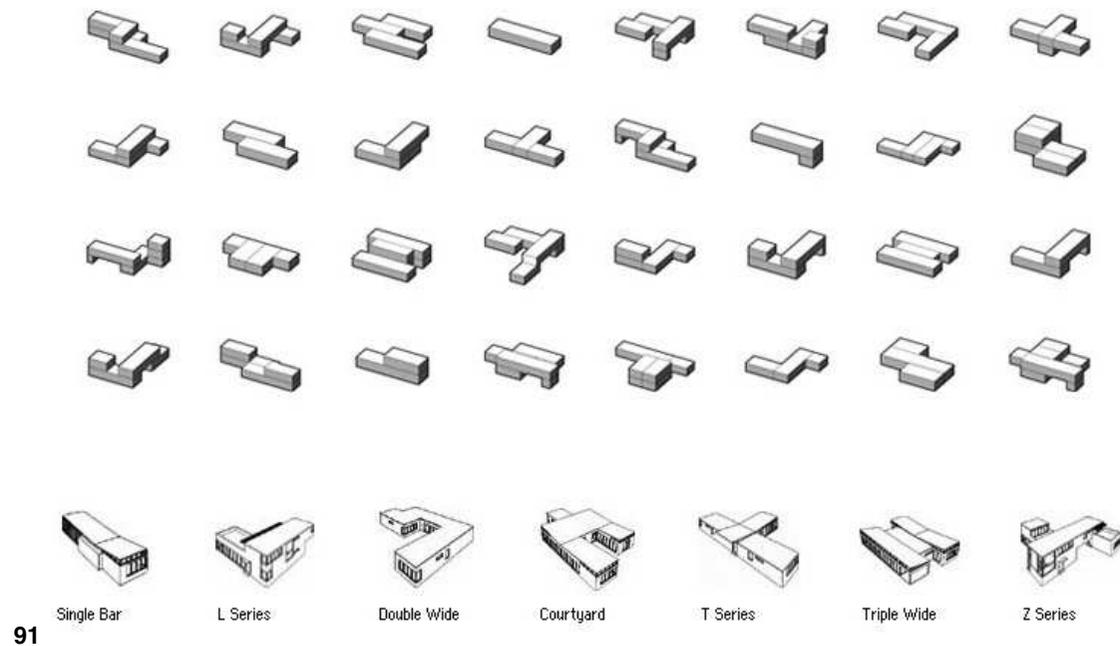
A viabilidade das estruturas pré-fabricadas destinadas a moradias há muito tem servido como um preceito central na arquitetura moderna. E o século XXI, especialmente, vive um período de retomada do interesse pelo uso da industrialização da construção especificado através do projeto arquitetônico. A relação entre a prancheta e o produto final está se tornando cada vez mais dinâmica, estimulando o desenvolvimento de processos de fabricação inovadores. Além das novas tecnologias de design, corte e montagem, a preocupação social com questões como a sustentabilidade e o crescimento da população global estão impulsionando a pré-fabricação, que vem chamando a atenção do mundo. Isso explica a razão por que grandes distribuidores do setor do lar, como IKEA (www.boklok.com) e MUJI (www.muji.net/ie), já ofereçam os seus próprios modelos.

Uma série de eventos sobre o assunto tem ocorrido: publicações, exposições, concursos de arquitetura, programas em universidades etc. Em 2000, a Dwell Magazine surge como uma revista referencial de cultura moderna para arquitetos e designers, promovendo regularmente em suas páginas o conceito de habitação pré-fabricada. Dwell lançou, em 2004, um concurso de casas pré-fabricadas, que tinha em vista não só fomentar a construção de casas bem desenhadas a baixos preços, mas igualmente inspirar os fabricantes a aumentarem os seus padrões de qualidade em termos de design. Dezesseis projetos foram submetidos à avaliação da revista, e a empresa vencedora foi Resolution: 4 Architecture, com a chamada *Modern Modular*. Entre os participantes, além da equipe ganhadora, surgiram talentos que levaram seus desenhos para empresas interessadas em torná-los produtos comercializáveis, como Charlie Lazor, com o projeto *FlatPack*, Michelle Kaufmann com a modular *Glidehouse*, e Marmol Radziner, com sua estrutura de aço e sistema de fechamento integrados.

Outros exemplos que atingiram progressos na habitação pré-fabricada da última década foram: Rocio Romero e a *LV House*; Steve Glenn e a empresa Living Homes, que colaboraram com Ray Kappe – arquiteto reconhecido internacionalmente, cujo trabalho é considerado uma extensão dos primeiros arquitetos do sul da Califórnia: Wright, Schindler, Neutra e Harwell Hamilton Harris – e, mais recentemente, com o escritório de arquitetura KieranTimberlake para produzir kits e sistemas modulares modernos utilizando materiais sustentáveis; a *Plus House*, assinada pelos arquitetos suecos Marten Claesson, Eero Koivisto e Ola Rune para o Arkitekthus, empreendimento que comercializa modelos pré-fabricados assinados por grandes arquitetos da Suécia, onde 70% do mercado de casas consiste em projetos pré-fabricados; e, da Nova Zelândia, o *Bachkit* – desenvolvido pela Andre Hodgskin Associates –, uma reinterpretação moderna da tradicional cabana de férias neozelandesa.

Uma das coleções mais completas da história, da teoria e do pensamento prático em pré-fabricação para habitação foi, sem dúvida, a exposição *Home Delivery: Fabricating the Modern Dwelling*, aberta de 20 de julho a 20 de outubro de 2008, no *Museum of Modern Art* (MoMA) de Nova Iorque, organizada por Barry Bergdoll, chefe do Departamento de Arquitetura e Desenho do MoMA, e pelo curador Peter Christensen. Visitada por aproximadamente 700 mil pessoas, essa mostra percorreu o caminho realista da sociedade ocidental em busca de soluções para resolver a grande demanda por moradias, tanto individuais quanto coletivas, com sistemas construtivos seriados e industrializados. Apresentou um levantamento seletivo de pré-fabricação na arquitetura por meio de uma linha do tempo e abordou o processo de produção arquitetônica nas novas condições da era digital, com aspirações de criatividade acionadas através do desenvolvimento de relações simplificadas entre projetar e fabricar, defendendo a ideia de que o atual ressurgimento do interesse em pré-fabricação se dá devido aos recentes desenvolvimentos na tecnologia digital, que pode oferecer tanto variabilidade como previsibilidade da industrialização da habitação. A fim

Figura 91: *Modern Modular*, do escritório Resolution: 4.





92



93

Figura 92: *FlatPack*, de Charlie Lazor.

Figura 93: *Glidehouse*, de Michelle Kaufmann.

Figura 94: *Marmol Radizer* e sua estrutura de aço e sistema de enchimento.

94





95



96

Figura 95: Projetada por Ray Kappe, esta casa estandardizada de quatro quartos foi desenhada para o meio urbano, funcionando como um 'oasis'.

Figura 96: Projetada por Kieran Timberlake, KT1 possui três quartos com possibilidade de expansão para mais um quarto.



97



98

Figuras 97 e 98: *Plus House*, dos jovens arquitetos Märten Claesson, Eero Koivisto e Ola Rune.

de dialogar criticamente tanto com profissionais relacionados com arquitetura quanto com o público em geral, a curadoria de *Home Delivery* procurou inovar no formato e técnicas de exibição da exposição. O objetivo foi não apresentar apenas os resultados, mas os processos reais, sociais, econômicos e até mesmo éticos das práticas de arquitetura em um mundo que exige uma mudança radical, com a intenção de provocar pensamentos e trocas de ideias a respeito de como explorar este espectro histórico de alianças entre design e produção. Então a equipe curatorial selecionou cinco escritórios de arquitetura para apresentar casas executadas em escala 1:1 na parte externa do museu, a fim capturar o duplo apelo, popular e profissional, através de exposições de construção experimentais.

As páginas seguintes apresentam estudos dessas cinco soluções habitacionais contemporâneas divididas em três subcapítulos, sendo que cada um deles exemplifica um dos três ciclos de pré-fabricação apresentados no quarto capítulo: o Sistema Fechado, o Sistema Aberto e o Sistema Flexibilizado.

No subcapítulo 5.1, exemplificando o Sistema de Pré-fabricação Fechada – a cápsula tradicional, que contém o equipamento necessário para a moradia de um casal dentro do conceito de mobilidade –, está a *Micro-Compact Home*, que concretiza a ideia de Le Corbusier da casa como uma “máquina para viver”, por sua precisão no detalhamento de todos os componentes internos. O produto final pode ser comparado a um carro, que é disponibilizado ao usuário com possibilidades de personalização pontuais, como, por exemplo, a escolha da cor e do tecido de revestimento interno para alguns elementos.

O subcapítulo 5.2, em uma escala de unidades integradas em séries flexíveis, tanto externa como internamente, apresenta as propostas *System3*, dos arquitetos austríacos Oskar Leo Kauffmann e Albert Rűf, e a *Cellophane House*, de Stephen Kieran e James Timberlake. Ambos os casos contam com um Sistema de Pré-Fabricação Aberta. Caracterizam-se pela capacidade de proporcionar uma variedade de possibilidades de desenvolvimento de

desenhos de tipologias. Um sofisticado estudo dos elementos estruturais e dos painéis de fechamento permite uma livre articulação dos componentes integrantes do sistema. Há um módulo de medida predefinido, mas a forma final da casa depende tanto da localização no terreno quanto das necessidades dos usuários, e diferentes programas podem ser atendidos pela mesma linguagem. Os elementos produzidos poderão ser combinados entre si numa grande variedade de modos, gerando os mais diversos edifícios e satisfazendo uma larga escala de exigências funcionais e estéticas.

O Sistema Flexibilizado, baseado em componentes construtivos industrializados sob medida, fruto de planejamento prévio, será representado por dois exemplares no subcapítulo 5.3: a casa *Burst*008*, dos australianos Jeremy Edmiston e Douglas Gauthier, e a *Digitally Fabricated Housing for New Orleans*, do professor Lawrence Sass. As duas habitações utilizam a nova técnica do laser para cortar pranchas de madeira compensada com formas complexas e diferentes umas das outras. Nesse sistema, aplica-se o mesmo conceito que define a produção de roupas em série, com os seus infinitos modelos e tamanhos. Assim, as peças construtivas, são elaboradas de acordo com as diferentes circunstâncias. Na *Digitally Fabricated Housing for New Orleans*, por exemplo, o laser permite construir uma reinterpretação da tradicional *Shotgun House* resgatando nas novas casas a fisionomia variável da cidade histórica perdida com o furacão Katrina. Tanto nessa residência como na *Burst*008*, a imagem tridimensional elaborada pelo computador é definida pela variedade de formas de madeira, que, uma vez desenhadas e cortadas pela máquina, auxiliam na rápida e exata construção manual com elementos leves, facilmente manipuláveis.



99



100

Figura 99: *Bachkit*, uma reinterpretação moderna da tradicional cabana de férias neozelandesa.

Figura 100: *Bachkit*, planta baixa.

5.1 CICLO FECHADO

5.1.1 *Micro-compact home*

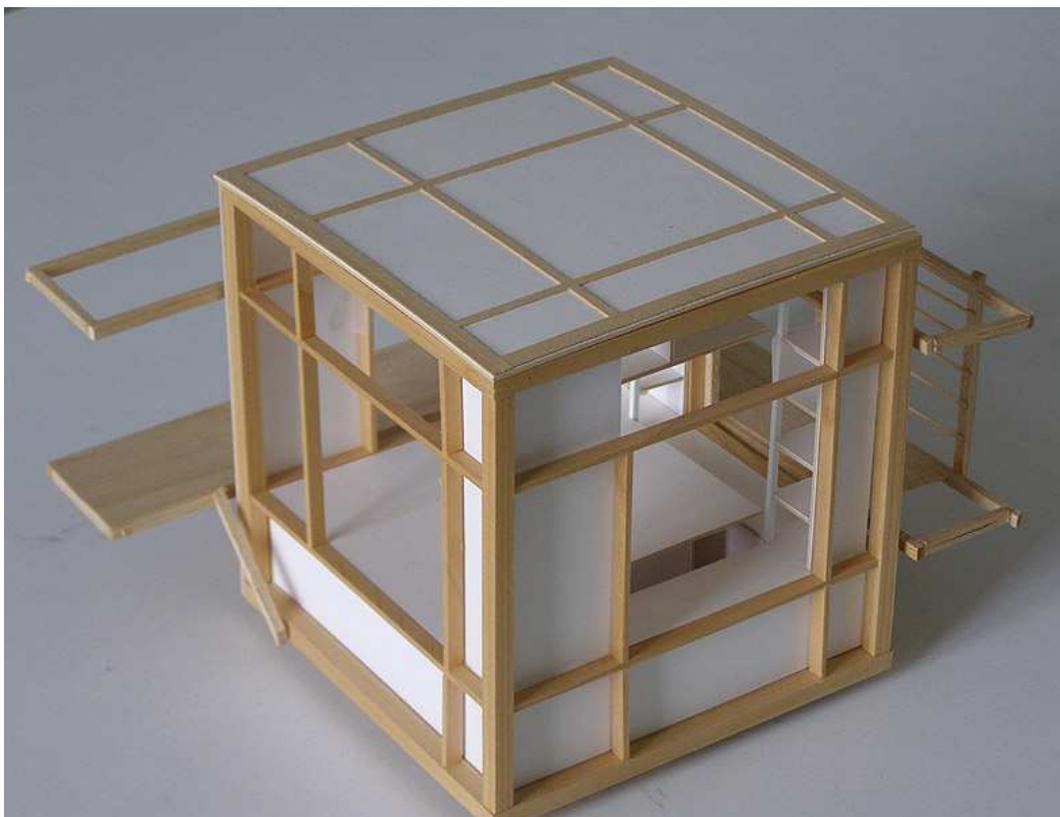
A *M-CH (Micro-Compact Home)* foi idealizada pelo arquiteto e professor britânico Richard Horden, sócio do escritório Horden Cherry Lee Architects, fundado em 1999 e sediado em Londres, juntamente com os alemães Lydia Haack e John Höpfner, da empresa Haack + Höpfner Architects, com sede em Munique. O início do desenvolvimento do projeto foi em 2001, por meio de uma parceria com o Instituto de Tecnologia de Tóquio.

O conceito da *Micro-Compact Home* se deu como uma resposta à crescente demanda por abrigos para períodos de curta duração, destinados, por exemplo, a estudantes, pessoas de negócios, ou para o uso em finais de semana, locais de esporte e lazer. O design da *M-CH* partiu da escala de uma clássica casa de chá japonesa, combinado com conceitos e tecnologias implantadas em aviões, iates e carros, utilizando métodos avançados, europeus e japoneses, de pré-fabricação.

Concentrando-se no essencial – “menos é mais”¹ – a proposta é uma caixa compacta, eficiente e sustentável, que abriga espaços de dormir, cozinhar, estar, comer, trabalhar e higienizar, para uma ou duas pessoas. Utilizando a forma de um cubo perfeito, com dimensões de 2,6 x 2,6 x 2,6 m (A x L x P), e pé-direito interno de 1,98 m, a unidade pesa 2,2 toneladas. O módulo de 2,6 metros é proveniente do estudo das proporções humanas de Leonardo da Vinci -chamado de Homem Vitruviano. O desenho reproduz a anatomia da figura humana dentro de um cubo e um círculo gerando o espaço de 2,4 metros para ser ocupado por uma pessoa. Adicionando espessura de isolamento de 10 centímetros, então se chega ao cubo de 2,6 metros para a habitação humana.

O programa dessa habitação consiste em duas camas, cada uma medindo 198 x 107 cm, que compõem uma cama de casal; uma mesa de jantar desli-

¹ Lembrando a famosa frase dita pelo arquiteto Ludwig Mies van der Rohe.



101

Figura 101: *Tea House* não possui cadeiras soltas e seus bancos também funcionam como armários.



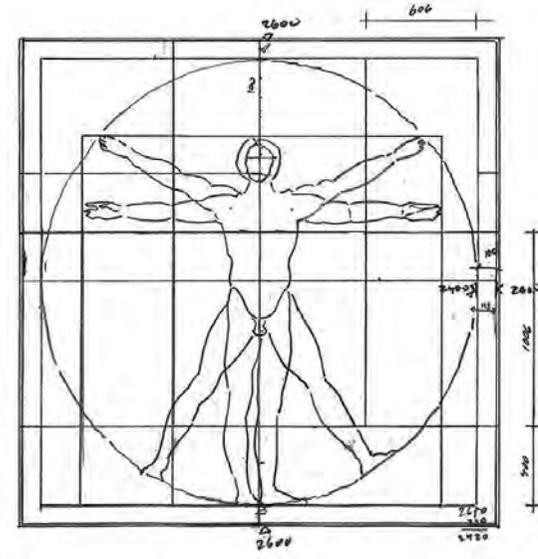
102

Figura 102: *Micro-Compact Home (M-ch)*.

Figura 103: *Micro-Compact Home* e a japonesa *Tea House*, ambas são ligeiramente levantadas do chão e não necessitam de cadeiras ou móveis soltos.

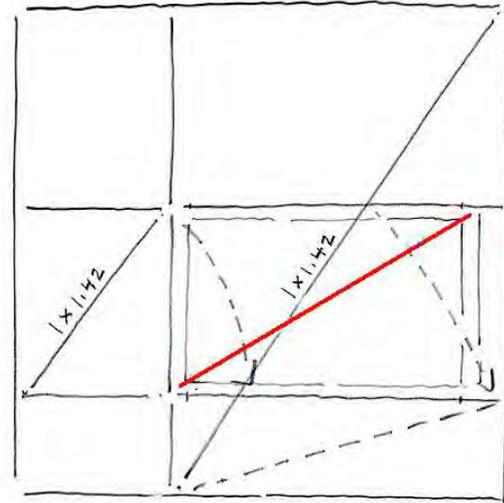


103



106

Figura 106: O “Desenho de Leonardo” explicando a escala humana para o início do projeto da *Micro-Compact*.



107

Figura 107: As proporções da Seção Áurea na fachada principal sul da *Micro-Compact*: Áurea clássica é 1:1.62 e Áurea moderna é 1:1.41.

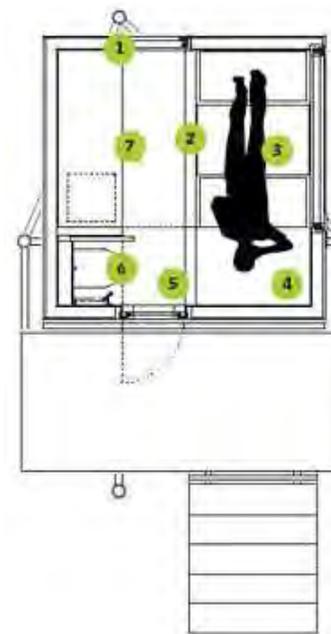
zante com capacidade para cinco pessoas; televisão de tela plana na sala de estar/ jantar; superfície de trabalho; um pequeno banheiro com chuveiro e vaso sanitário; área de cozinha, equipada com pontos elétricos, fogão com duas bocas, pia, torneira, micro-ondas, geladeira com freezer, prateleiras, gavetas e três compartimentos para armazenamento e separação de resíduos; infraestrutura de sistema para climatização artificial de ar, aquecimento de água alimentado por painéis solares fotovoltaicos, alarme de incêndio e detectores de fumaça; e um pequeno gerador eólico. É possível ser altamente eficiente na utilização de energia deste cubo, uma vez que possui um pequeno volume de ar, ele aquece e resfria rapidamente. As opções de personalização da *M-CH* são bem semelhantes às de um carro. O exterior de alumínio pode ser pulverizado ou anodizado com uma gama de cores, e também é possível revesti-lo com uma película gráfica resistente à água. O interior pode sofrer variações na escolha de cores e tecidos de revestimento.

A cápsula, construída com estrutura de madeira revestida por um sistema de chapas de alumínio anodizado e esquadrias equipadas com armação também em alumínio isoladas com poliuretano e vidros duplos, é fabricada pela companhia austríaca *Micro-Compact Home GmbH*, com sede em Uttendorf, através da gestão da empresa *Micro-Compact Home Ltd.*, e está disponível para venda na Europa por preços que variam entre €25.000 e €50.000 – o valor mais caro inclui custo de instalação. Pode ser transportada por caminhão ou reboque e instalada por um guindaste em minutos. Em circunstâncias extremas pode-se utilizar um helicóptero para condução e alocação.

As unidades cúbicas podem ser alocadas isoladamente ou agrupadas, recordando alguns conceitos Metabolistas de *plug-in* ou *clip-on*. Quando foi lançado pela primeira vez, em Munique, em novembro de 2005, o produto foi utilizado para composição de um alojamento de estudantes patrocinado pela divisão alemã da empresa de telecomunicações O2.

A exposição do MoMA, em julho de 2008, foi a primeira aparição da

Figura 108: O interior da *Micro-Compact* possui ferramentas de economia de espaço, tais como: mesa móvel que acomoda até cinco pessoas; duas camas de casal; prateleiras e gavetas para guardar roupas, painel de controle opera todos os sistemas elétricos: aquecimento, ar-condicionado, TV, CD player, e iluminação LED; cozinha equipada com micro-ondas, geladeira/ freezer, pia, unidade de resíduos; banheiro com uma tela deslizante que separa o vaso sanitário e chuveiro, além de uma área de secagem de roupas e sapatos.





109



110

Figuras 109 e 110: *Student Village.*

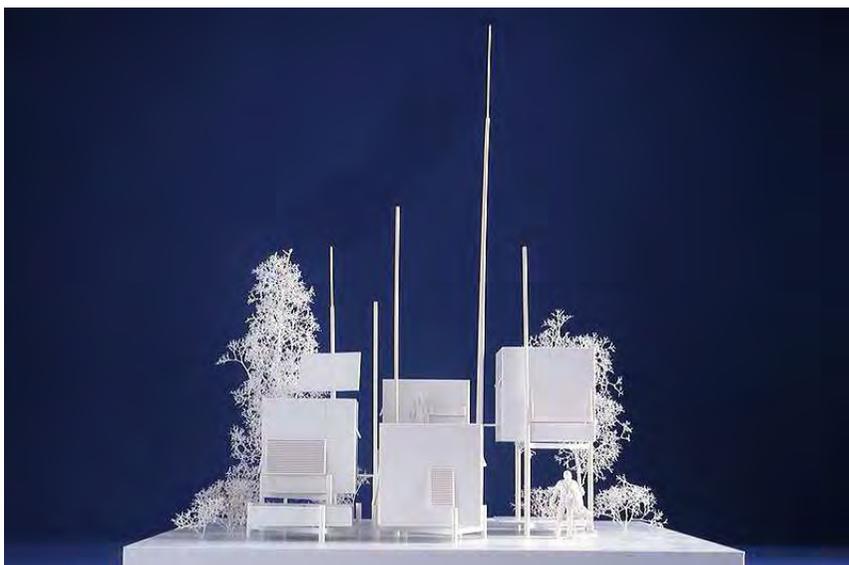
Figura 111: *Micro-Compact* possui um prazo de entrega de 8 a 10 semanas.

111





112



113

Figura 112: Modelo da *Vila Snowboard* proposta. Fotos do modelo de Tim Wessbecher.

Figura 113: Arranjo de quatro *Micro-Compact* em torno de um pátio pequeno: os mastros permitem a fixação de painéis solares, antenas parabólicas e as turbinas eólicas de pequeno porte.

Figura 114: Modelo *Tree Village*:
30 *Micro-Compact* com elevador
e escada de acesso ao centro.

114





115



116

Figura 115: *Micro-Compact* durante a exposição no MoMA.

Figura 116: *Geneva Sound System*.



117



118

Figuras 117 e 118: *Student Village* - interior.



119

Figura 119: A *M-CH* tem uma estrutura de madeira com revestimento de alumínio anodizado externo, isolado com poliuretano e equipado com armação de alumínio e vidros duplos e porta com fechadura de segurança dupla.

Figura 120: A *M-CH* foi bem recebida por jornalistas e desenvolvedores quando foi brevemente instalada em Berkeley Square no início de junho.

120



Micro-Compact Home nos EUA. A casa, transportada até o lote por caminhão, demorou duas horas para ser instalada por um guindaste.

Em síntese, a *M-CH* é um exemplo comercialmente disponível de uma casa pré-fabricada contemporânea que combina alta tecnologia e viáveis práticas sustentáveis. Na delimitação das fronteiras da casa, os arquitetos fazem uma afirmação ousada em relação ao que é essencial à vida no século XXI sem sacrificar a estética e composição meticulosa organizada em um cubo compacto.

5.2 CICLO ABERTO

5.2.1 *System3*

O conceito *System3* foi desenvolvido pelo escritório dos arquitetos austríacos Oskar Leo Kaufmann e Albert Ruf, estabelecido em 2001, em Dornbirn, Áustria, vem desenvolvendo projetos de escritórios, edifícios industriais, moradias unifamiliares e hotéis na Áustria, na Alemanha, no Japão e nos EUA. Nos últimos dez anos, Kaufmann e Ruf, conhecidos por sua perseguição de baixo custo, design de alta qualidade, foram ativos no desenvolvimento de sistemas de protótipos e construção utilizando a pré-fabricação.

Projetada em 2007 especificamente para a exposição do MoMA, *System 3* é uma unidade de habitação com 53 m² de área, que consiste na junção de dois volumes de igual proporção, um espaço “de servir” e um espaço “nu”, em uma releitura da distinção influente de Louis Kahn² entre “espaços servidores” e “espaços servidos”. O módulo que “serve”, completamente pré-fabricado, contempla cozinha, banheiro, móveis embutidos especialmente concebidos para este núcleo e uma escada de acesso ao telhado, que pode ser utilizada para ligar andares, no caso de uma expansão vertical das unidades, que podem

² Os termos “espaços servidos” e “espaços servidores” são usados conforme definição de Louis Kahn.

121



Figura 121: Interruptores.

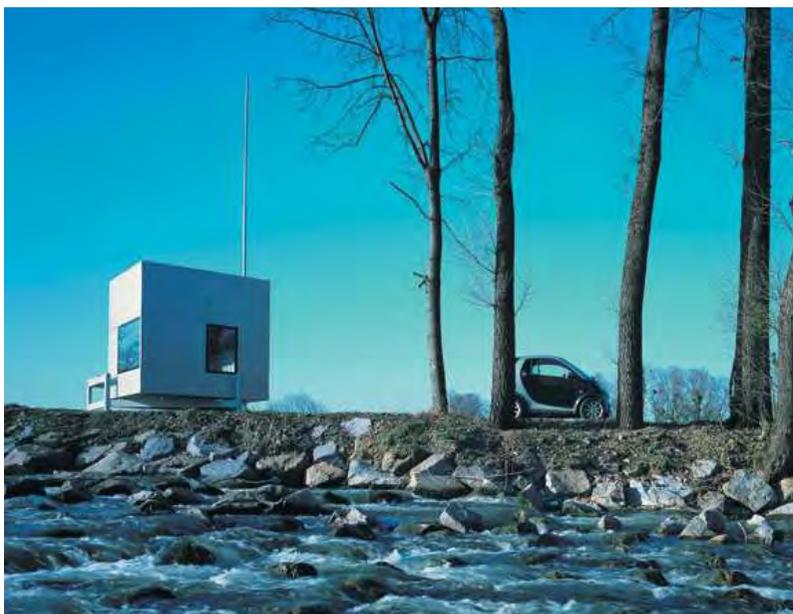
Figura 122: Conforto térmico, ar-condicionado, aquecimento e água quente.

122





123



124

Figura 123: *Micro-Compact*, agora em uso e disponível em toda a Europa, combina técnicas de pequenos espaços de lazer com alta qualidade, como os que são implantados em aviões, iates, carros e apartamentos de micro.

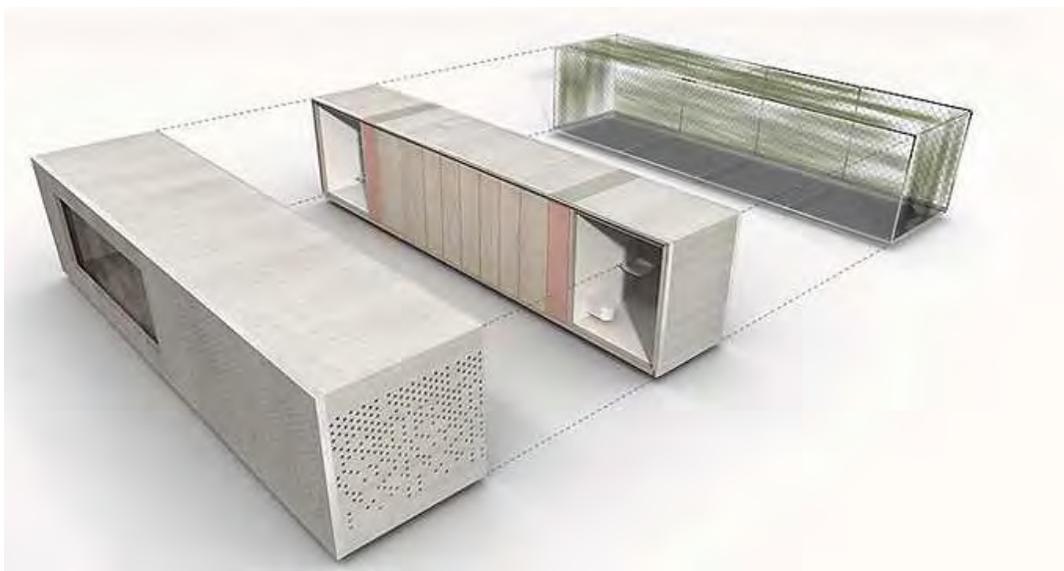
Figura 124: *Micro-Compact* é uma casa leve e compacta para uma ou duas pessoas. Suas dimensões compactas do cubo de 2,6 m adaptam-se a uma variedade de locais e circunstâncias.

ser empilhadas. Além disso, toda a infraestrutura de instalações da casa – tecnologia de cabos elétricos, iluminação, tubos de aquecimento e sistema de ar-condicionado – está concentrada nesta unidade. Por outro lado, o espaço “nu” é formado por elementos inteiramente planos: laje de piso, paredes, janelas e laje de cobertura, produzidos a partir de chapas de madeira.

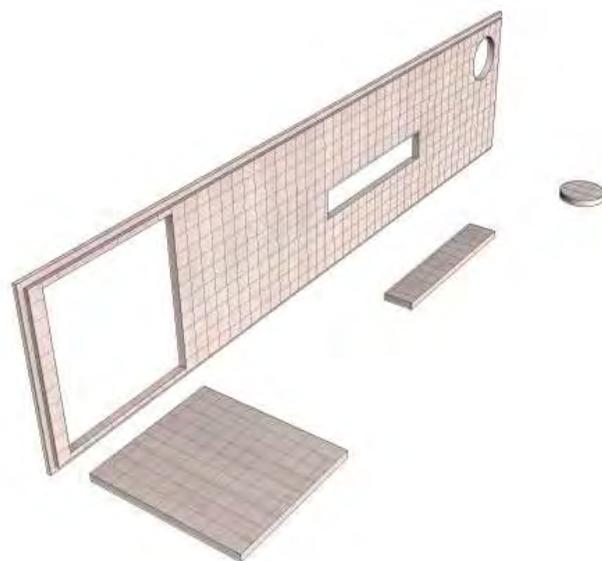
A casa destinada à exposição foi fabricada pela empresa Kaufmann Zimmerei, com sede em Reuthe, na Áustria. A construção começou no início de abril, em 2008. As peças de madeira, estruturais e de fechamento, foram encomendadas através da apresentação de desenhos de cada elemento – incluindo todas as aberturas, furos e encaixes – usados para programar diretamente a máquina CNC (Controle Numérico Computadorizado), de corte digital a laser. Todas as peças foram cortadas em duas sessões de 12 horas, e graças a essa tecnologia, com extrema precisão, tanto para linhas retas como para curvas, podendo se encaixar perfeitamente no momento da montagem. Depois de pré-cortados, os elementos de madeira foram tratados com revestimento de proteção contra intempéries, normalmente utilizado na construção de barcos, chamado Coelan.

No dia 23 de junho de 2008, o protótipo *System3* chegou acondicionado em dois contêineres ao Porto Newark-Elizabeth, em Nova Iorque. Agrupados, os elementos de cada unidade – do espaço “de servir” e do espaço “nu” – se encaixam perfeitamente dentro de um contêiner padrão, permitindo que a casa possa ser enviada inteira, por via marítima ou por caminhão, e que seja simplesmente extraída e acomodada no terreno. Às 6h da manhã os contêineres chegaram ao lote oeste do MoMA. Às 7h30 o guindaste estava montado e, em seguida, às 9h, a “unidade de servir” estava instalada. Às 10h iniciou a montagem das partes da “unidade nua” (piso, paredes) e às 13h30, o último elemento do telhado foi instalado e a montagem estava completa.

Os desenhos do plano de fundo e das placas de telhado foram concebidos para acomodar empilhamento e cargas verticais associadas com estruturas



125



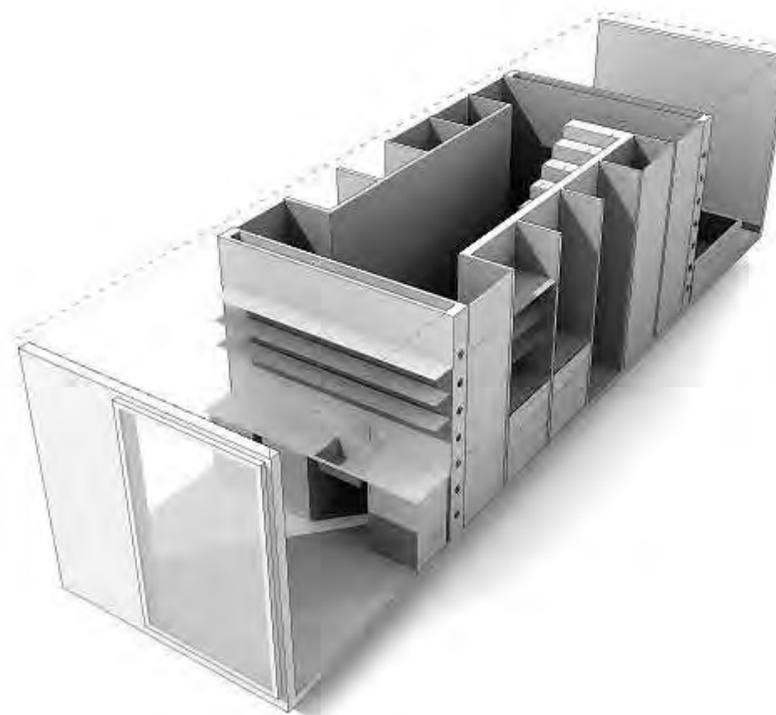
126

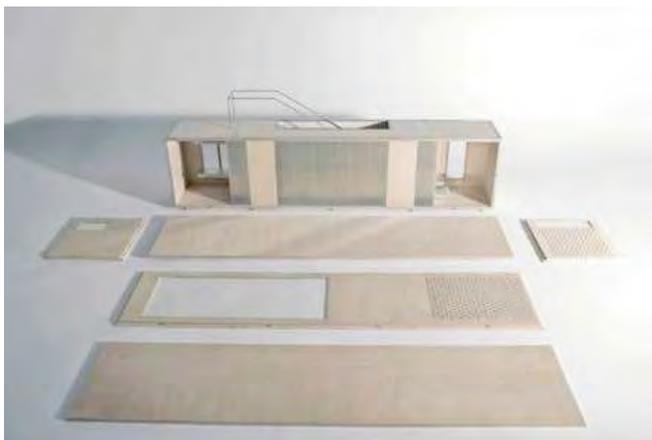
Figura 125: Vista perspectiva “explodida” do modelo eletrônico da casa *System3*, mostrando as unidades construtivas de composição.

Figura 126: Vista perspectiva do modelo eletrônico de um estudo para painel de fachada da casa *System3*.

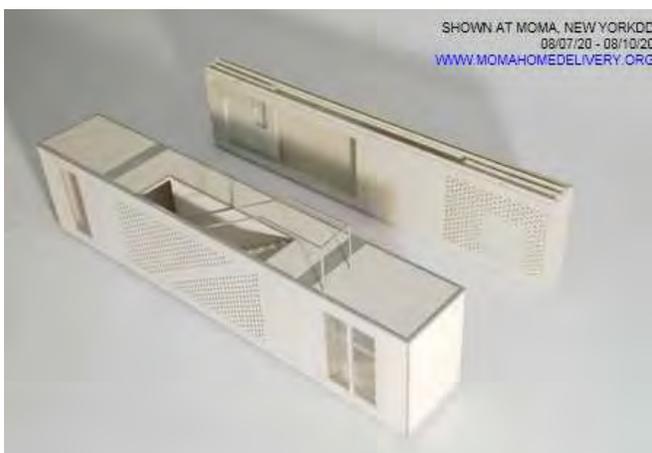
Figura 127: Vista perspectiva do modelo eletrônico da unidade de serviço da casa *System3*.

127





128



129

Figura 128: Revestimentos *System3*.

Figura 129: Axonométrica mostrando as peças da *System3*.

Figura 130: Montagem da casa na exposição do MoMa.

130





131

Figura 131: *System3* durante a exposição do MoMa. Imagem noturna.

Figura 132: *System3* durante a exposição do MoMa. Imagem diurna.

132





133

Figura 133: Vista externa noturna da *System3*.



134

Figura 134: Vista interna da System3.



135

Figura 135: Vista interna da System3.



136



137



138



139

Figura 136: Exemplar de 53 m² com sala de estar, quarto, cozinha, banheiro e cobertura transitável.

Figura 137: Exemplar de 86 m² com sala de estar ampliada, quarto, cozinha, banheiro e cobertura transitável.

Figura 138: Exemplar de 139 m² com sala de estar ampliada, cozinha, lavabo, duas suítes, pátio coberto e duas coberturas transitáveis.

Figura 139: Exemplar de 159 m² com sala de estar, cozinha, lavabo, duas suítes, home office com Wc cozinha no segundo piso, pátio coberto e três coberturas transitáveis.

140



Figura 140: Perspectiva noturna System3.

Figura 141: Possibilidade de arranjo entre os blocos System3 na vertical.

141



unidades empilhadas e dispostas a criar, por exemplo, torres de escritórios, hotéis ou prédios de habitação multifamiliar com aproximadamente três mil metros quadrados. Uma família com necessidade crescente de espaço ao longo dos anos (e orçamento financeiro também crescente) poderia comprar o módulo SYSTEM3 e expandir a casa com o tempo. No final, a variação mínima de 53m² pode tornar-se uma vivenda de luxo de três andares com quatro quartos, quatro banheiros e três espaços de estar. E através do uso dessa tecnologia CNC de corte, a ideia do projeto é que cada casa possa ser diferente da outra, que o cliente possa escolher a posição, forma e tamanho de uma janela, associando a eficiência de fabricação, juntamente com a qualidade de personalização.

5.2.2 *Cellophane House*

Fundado em 1984 por Stephen Kieran e James Timberlake, o escritório de arquitetura da Filadélfia KieranTimberlake tornou-se voz de liderança em pesquisa baseada na prática. O trabalho de colaboração com clientes, engenheiros, fabricantes e construtores para liderar um processo de investigação e descoberta levou a empresa a tornar-se referência de inovação em processo integrado entre projeto e tecnologia industrial de construção. Está por trás da filosofia da corporação o investimento de uma parcela de sua receita bruta em equipe profissional de pesquisadores, que trabalham no desenvolvimento de novos materiais, processos e produtos de fabricação fora do local, aplicam as ideias e testam essas teorias na prática. Em seu livro *Refabricating Architecture* (2003), Kieran e Timberlake apresentam um manifesto sobre como as metodologias de produção estão prontas para transformar a construção civil.

Alguns projetos incorporam a seguinte abordagem: primeiro é concebido o desenho do edifício, e, após, desenvolvido um sistema pré-fabricado que o faça funcionar. Já o projeto da *Cellophane House* inicia com o uso desse sistema



142

Figura 142: Imagem ilustrativa da *Cellophane House*. Protótipo que, através de modificações simples, pode adaptar-se às condições do local.

Figura 143: Perspectiva externa da *Cellophane House*.

Figura 144: Possuindo uma estrutura de alumínio a pronta entrega, a *Cellophane House* possibilita o desmonte ao invés da demolição, eventualmente, ser reciclado, ao invés de desperdiçado.



143



144

como a sua base, permitindo o crescimento do programa sem limitações, porém englobando uma abordagem holística do conjunto arquitetônico. Por meio de um modelo flexível de personalização, a habitação pode adaptar-se a uma gama de condições do local, bem como adaptar-se a diferentes opções de materiais, texturas e cores. O esqueleto estrutural da casa é feito inteiramente de perfis de alumínio padrões – disponíveis em catálogo no mercado – e funciona como uma matriz em que elementos de fechamento, independentes, podem ser anexados. O enquadramento de alumínio estrutural é aparafusado, em vez de soldado, permitindo-lhe ser desmontado ao invés de demolido, e, eventualmente, reciclado, e não desperdiçado, o que além de proporcionar flexibilidade ao projeto, é uma estratégia de sustentabilidade.

Uma vez que todas as cargas estruturais são suportadas pelos elementos externos de armação, qualquer parede, piso ou forro pode ser substituído a qualquer momento, sem modificações invasivas. Os usuários são encorajados a alterar a matriz de componentes e os layouts como entenderem. Uma gama de opções de materiais também permite que a casa seja personalizada para as diferentes necessidades, gostos e orçamentos dos clientes. Independentemente das alterações que são feitas, o método de fabricação permanece o mesmo.

No caso do protótipo apresentado no MoMA, os fechamentos externos da casa foram feitos de um material desenvolvido por KieranTimberlake, denominado *NextGen SmartWrap™*, que consiste na combinação de camadas de vidro e de politereftalato de etileno (PET) transparente – material utilizado em garrafas de refrigerante, e laminado com película fina de células fotovoltaicas. A transparência permite a penetração de luz natural no interior, enquanto a energia solar é aproveitada através de painéis fotovoltaicos, permitindo que a casa funcione sem estar conectada à rede elétrica. Os pisos, tetos e as paredes foram produzidos em plástico estrutural, reduzindo a necessidade de enquadramento adicional. Devido à sua construção com materiais leves, os custos da fundação são muito reduzidos.

O projeto arquitetônico e a fabricação das peças dessa residência foram desenvolvidos em um sistema integrado, utilizando a modelagem de informações de construção (BIM), uma ferramenta de visualização digital que rastreia materiais automaticamente e simultaneamente com base em um conjunto de tolerâncias necessárias, em um processo também conhecido como modelagem paramétrica. As certezas geométricas e dimensionais do modelo virtual permitem uma coordenação estrutural e mecânica, maior gestão de peças, uma abordagem clara para a montagem, sequenciamento e uma medida de controle sobre a fabricação e construção. O modelo virtual é a única fonte de informação a partir da qual todos os detalhes, cronogramas, listas de peças e desenhos de produção são derivados.

Praticamente todos os elementos da casa são facilmente disponíveis, através de uma rede nacional de fornecedores, e podem ser montados em qualquer lugar, a qualquer momento. Devido à natureza das articulações, não existem ferramentas especializadas ou instalações necessárias, de modo que o número de fabricantes elegíveis é ilimitado.

Como a indústria automobilística, que pratica recuperação de peças usadas para novo uso, KieranTimberlake tem a ideia de que a arquitetura pode dar origem a uma indústria de peças recuperadas. Um novo mercado em que estruturas poderiam ser feitas a partir de materiais reciclados e peças de estruturas anteriores. Essa economia poderia fornecer ao consumidor a possibilidade de adquirir toda uma estrutura, ou parte dela, a partir do fabricante ou talvez de um leilão on-line, e montá-la com apenas um caminhão e poucos trabalhadores.³

3 Cellophane House, the Museum of Modern Art, Site Oficial Kieran Timberlake. Disponível em:
< http://www.kierantimberlake.com/pl_sustainability/cellophane_house_1.html>.
Acesso em: dia 31 de maio de 2012.

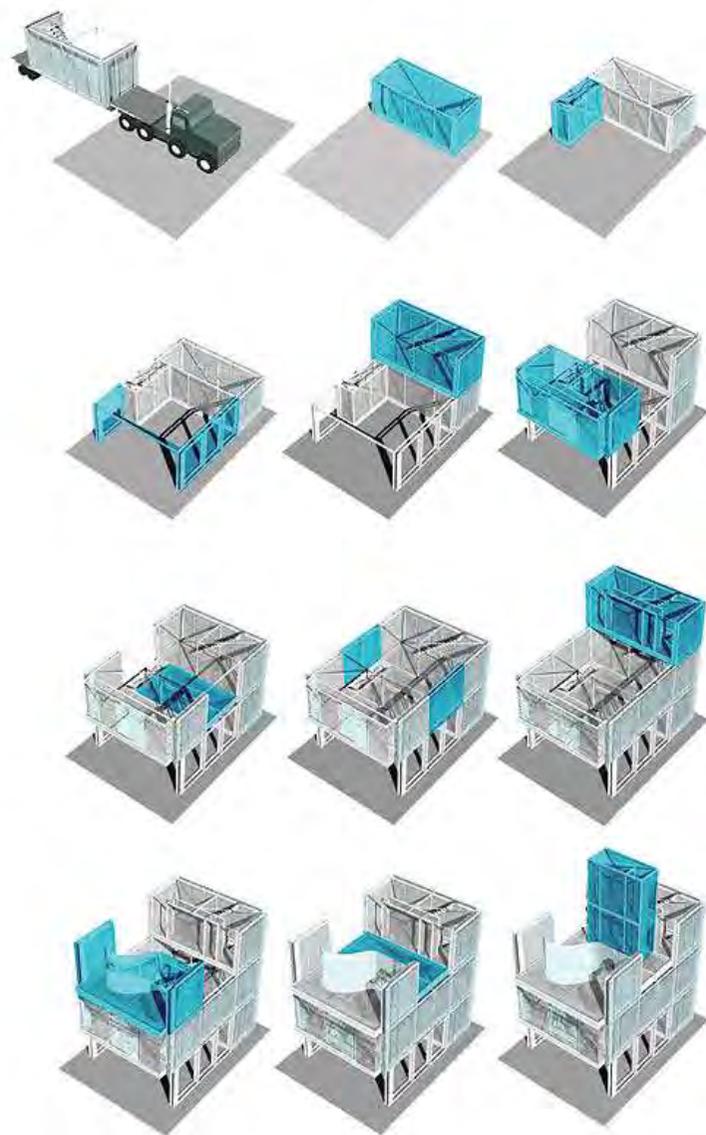


Figura 145: *Cellophane House* é o resultado de uma colaboração integrada entre arquitetos, consultores, fabricantes e fornecedores desde o início do projeto.

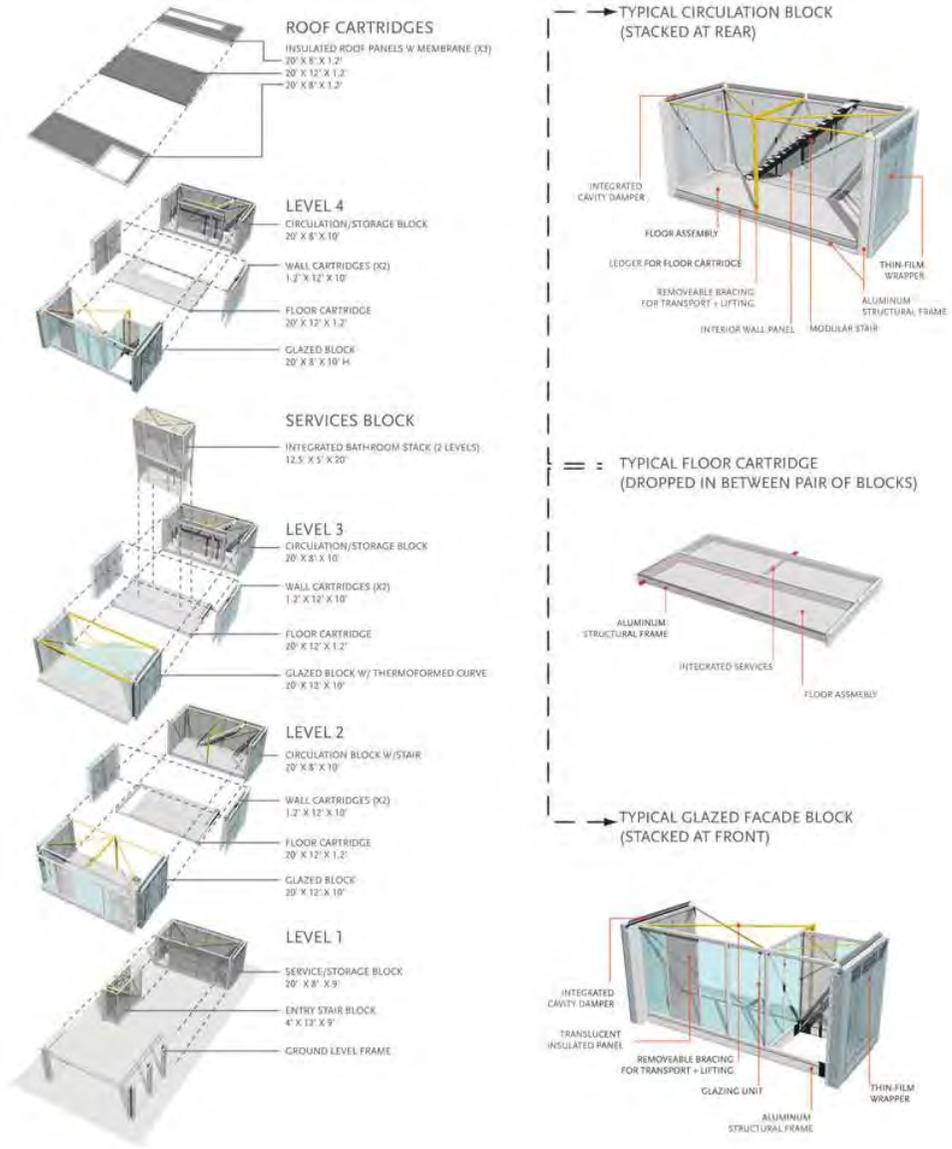
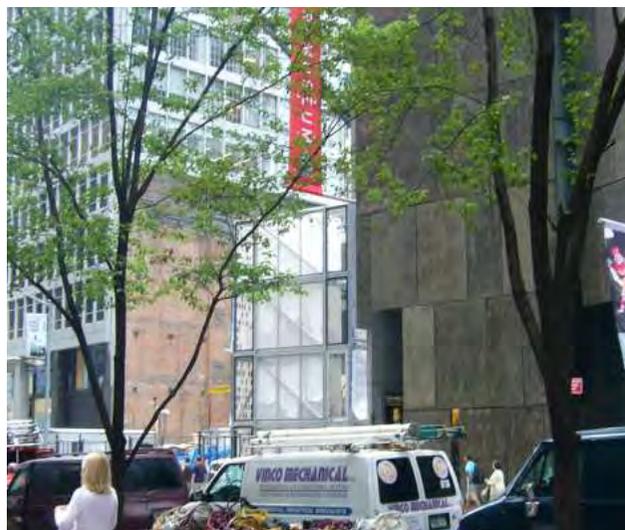


Figura 146: A *Cellophane House* é composta por blocos empilhados nas extremidades dianteira e traseira do edifício, com painéis de piso que preenchem os espaços entre os blocos.



147



148



149

Figura 147: Montagem da *Cellophane House* em fase de conclusão.

Figura 148: *Cellophane House* no contexto urbano (NY, 53rd Street).

Figura 149: Montagem em fase final de colocação da placa de cobertura sendo posicionada na edificação.

5.3 CICLO FLEXIBILIZADO

5.3.1 *Burst*008*

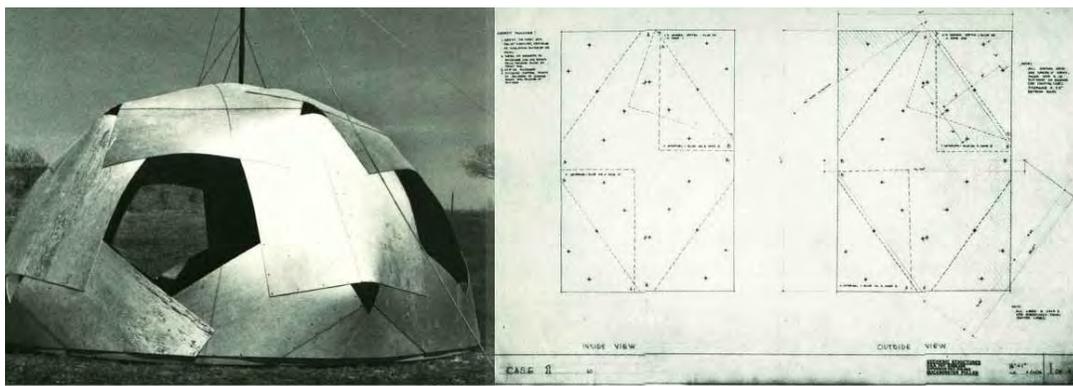
A criação do modelo de casa *Burst** foi uma colaboração do australiano Jeremy Edmiston e do nova-iorquino Douglas Gauthier, fundadores, em 1998, do escritório de arquitetura SYSTEMarchitects – Gauthier deixou o SYSTEMarchitects em 2007 para dar início à empresa Gauthier Architects – em Nova Iorque. A filosofia da empresa está embasada na ideia de que a prática é um envolvimento de reflexão sobre a cultura contemporânea. Participar desta cultura requer um foco em espaços que são multicamadas, sobreposições e entrelaçamentos.

*Burst** é um sistema pré-fabricado de habitação que utiliza sofisticadas ferramentas de desenho digital para criar uma edificação altamente personalizável, simples de montar e com consciência ambiental, partindo de referenciais históricos como o *Ballon Frame*, uma técnica de construção que resultou da fusão de peças de madeira precisas e padronizadas; a *Maison Tropicale* de Jean Prouvé, uma casa pré-fabricada desenhada para que cada parte fosse especialmente fabricada, em metal, e então enviada e montada no local; o *Plydome* de Buckminster Fuller, construído inteiramente em madeira com uma geometria muito específica e intencional; e um estudo não executado de Joern Utzon's para a estrutura de cobertura da sala de concertos da *Sydney Opera House*, a ser concebida em madeira compensada, com uma geometria que respondesse aos requisitos acústicos do espaço.

O sistema é adaptável e sensível a vários terrenos, climas, proprietários e programas que utilizam um algoritmo para gerar o formulário com base em condições específicas, como ângulo de sol e número de habitantes. Uma alternativa para a produção em massa, cada *Burst** tem o potencial de espaços únicos, ampliando o leque de formas arquitetônicas para a construção a um



150



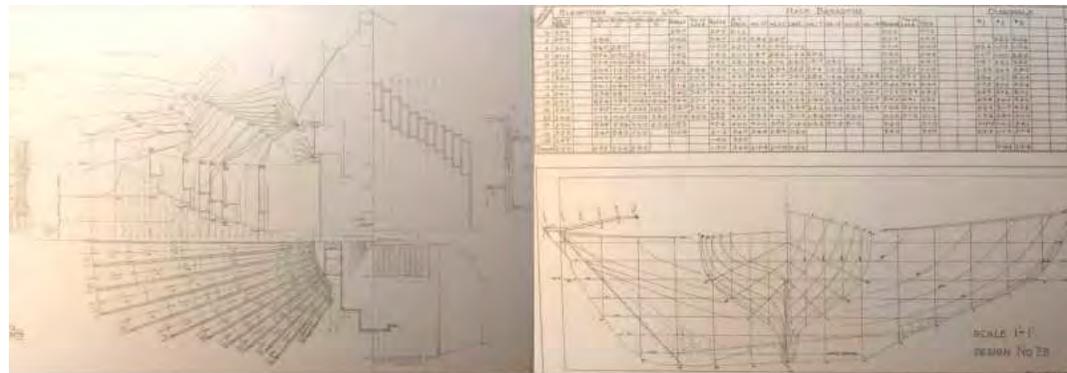
Plywood Dome
R.B. FULLER, 1974

Plywood Dome, Outside View,
R.B. FULLER, 1974

151

Figura 150: *Maison Tropicale*, de Jean Prouvé.

Figura 151: *Buckminster Fuller's Plydome*: construído inteiramente de em estrutura de madeira.



152

Plan & Elevation of Major Hall
1964, JOERN UTZON

Section and Table of Offsets Coordinates
1964, JOERN UTZON

Figura 152: Planta, elevação, corte e tabela de coordenadas da *Sidney Opera House*, de Joern Utzon.



153

1:50 Sectional Model of Major Hall
1964

1:120 Sectional Model
1966

Figura 153: Corte perspectivado da *Sidney Opera House*, de Joern Utzon.

custo acessível.

O projeto deriva de uma visão programática simples, dividida em três níveis sociais: o comunitário, o familiar e o privado. Cada um se diferencia por uma ligeira mudança de cota de piso. A “arquibancada” e o deck, os pontos mais baixos da casa, proporcionam a vida ao ar livre, vistas do bairro e o acesso ao jardim e à área de jogos, mantendo uma conexão entre os ocupantes e os seus vizinhos. O nível da família detém os espaços de sala de estar, sala de jantar e cozinha. Enquanto ele mantém uma conexão visual e sonora com o ar livre, a interação é indireta e o foco é sobre as pessoas dentro da casa. Finalmente, o nível privado - onde estão os espaços para dormir, vestir e tomar banho - oferece proteção e isolamento. Mas mesmo lá há interação, em menor escala, com o ambiente exterior, através de fendas nas paredes e no teto. A casa BURST* é um paradoxo: tem um interior compacto, mas parece expansiva por causa de sua comunicação aberta com o exterior. É projetada para fazer uso eficiente das condições naturais do local – incidência solar e ventilação – possibilitando a redução do espaço e da energia necessários para uso de sistemas de climatização artificial. Os métodos empregados para manter a edificação dentro dos níveis de conforto durante todo o ano são alcançados após um estudo do terreno e do clima.

No desenvolvimento do padrão *Burst**, Edmiston e Gauthier buscaram sistematizar o projeto arquitetônico, canalizando o viés conceitual no *script*⁴ de uma fórmula através das possibilidades do computador. Utilizando a inserção de dados informativos em um software pré-programado para cumprir requisitos, como, por exemplo, proteger a área de jantar, cozinha e sala de estar de luz solar direta no verão, mas permitir que os raios do sol adentrem no inverno.

Na visão dos arquitetos, um cliente poderia expor essencialmente suas necessidades e condições específicas do local. A partir daí o profissional iria modificar e alternar as configurações padrão do arquivo eletrônico para responder a esses parâmetros. Então o computador reconstitui o modelo 3D

4 Para este caso, o texto refere-se à palavra *script* com o significado de “roteiro” seguido por sistema computacional que traz informações processadas e transformadas em ações efetuadas por um programa principal.

maiores. O projeto do MoMA representa a configuração mínima, mas os arquitetos também imaginaram uma conformação potencial máxima de trinta. Cada peça - que deve possuir dimensões exatas, para que se encaixe na forma da casa, e reduzidas, para proporcionar facilidade de montagem manual - é inscrita com uma série de números indicando a que pedaço da casa ela pertence. Após a folha ter sido completamente cortada, o contorno ou restante da chapa original é colocado sobre o chão e as saídas de corte são reencaixadas no seu interior. Então, adquirindo novamente a forma da folha de compensando original, o transporte das peças torna-se facilitado em função da padronização de medidas para manuseio e acomodação nos compartimentos de transporte.

A primeira edificação construída dentro desse conceito foi, em 2005, a *Burst*003*, concebida como casa de veraneio para uma família jovem, situada na Austrália, em North Haven, na costa norte de New South Wales. A *Burst*008*, uma evolução da casa *Burst*003*, foi construída em dez semanas, quatro off-site e seis no local da exposição do MoMA.

5.3.2 *Digitally fabricated housing for new orleans*

Em 2004, Larry Sass, professor adjunto do Departamento de Arquitetura do *Massachusetts Institute of Technology*, iniciou uma investigação sobre o aproveitamento da velocidade e precisão de máquinas de corte a laser – as mesmas utilizadas na fabricação de *System3* – para fabricar abrigos de forma rápida e barata. Através do uso de modelos digitais e protótipos físicos, Sass e seus alunos desenvolveram técnicas de entalhes e ranhuras, em vez de parafusos ou pregos tradicionais, para encaixe de estruturas desenvolvidas em chapas de madeira pré-cortadas. A partir desses estudos puderam concluir que as maquetes físicas, em escala 1:1, poderiam ser instaladas em poucos dias por cinco estudantes, equipados apenas com marretas de borracha. A

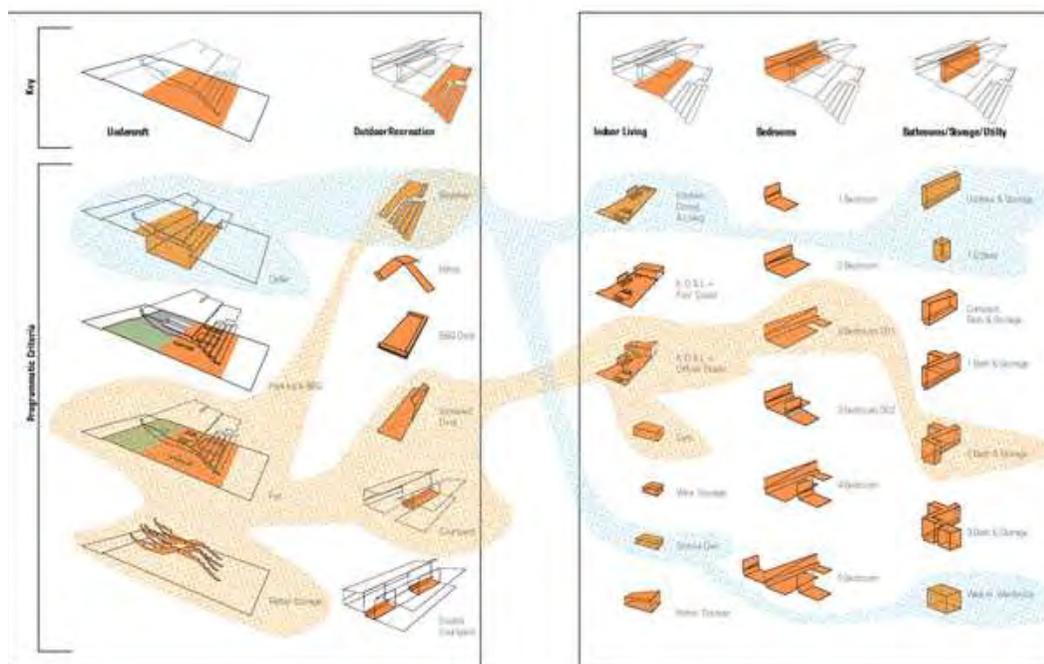
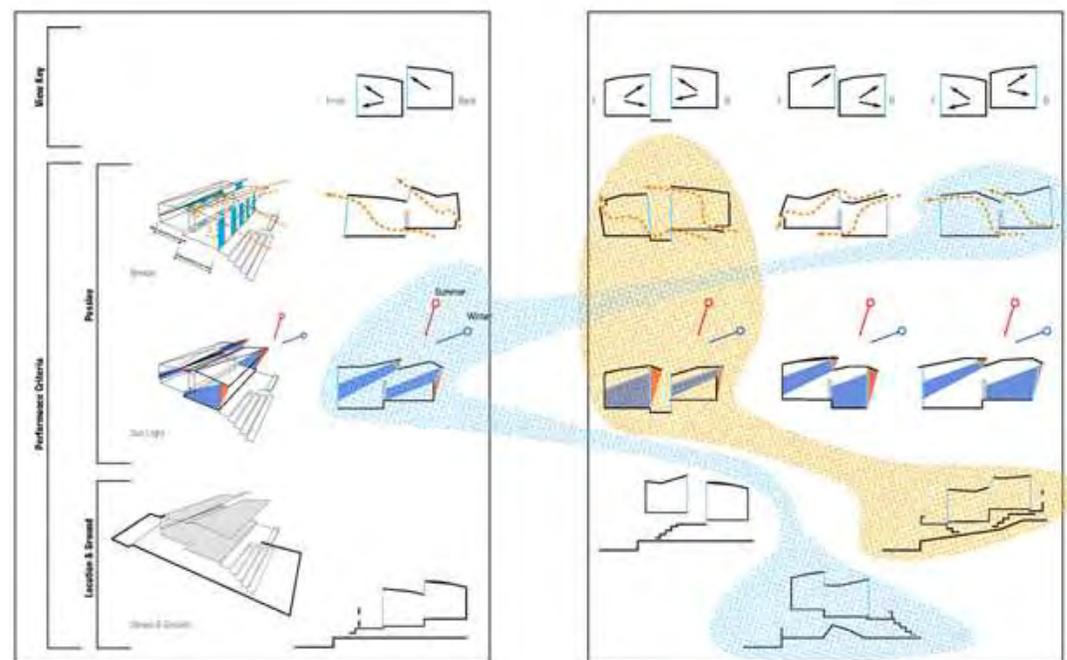


Figura 154: Matriz de encaixe da Burst*008.

Figura 155: Matriz ambiental da *Burst*008*.

155



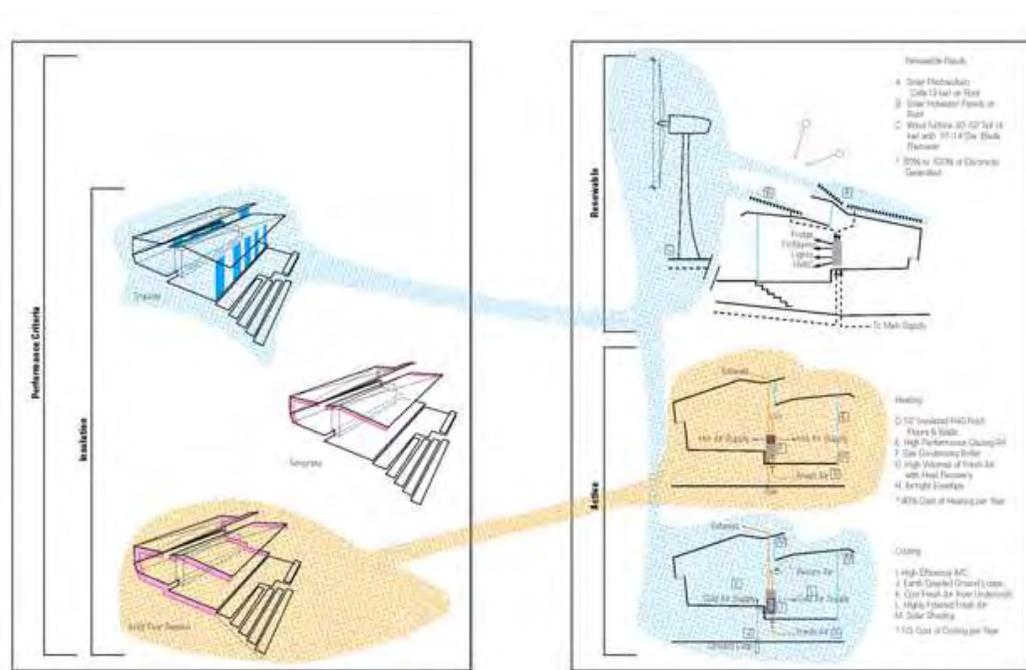
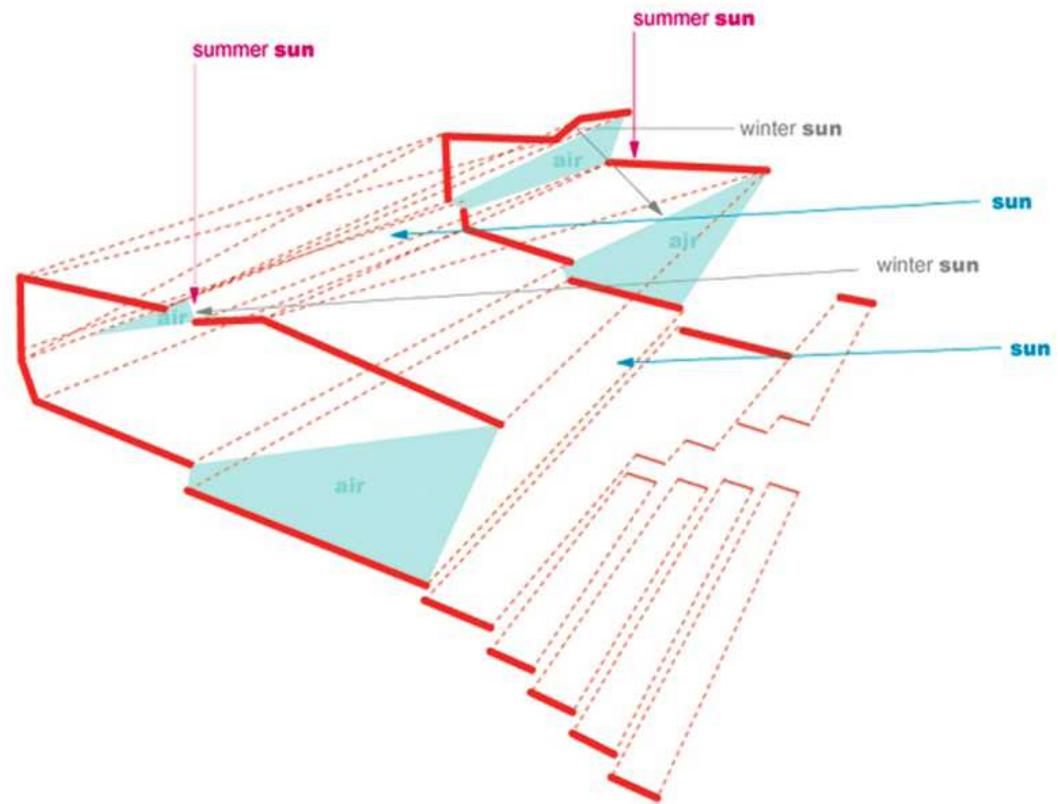


Figura 156: Matriz de desempenho da *Burst*008*.

Figura 157: Outra matriz ambiental da *Burst*008*.

157



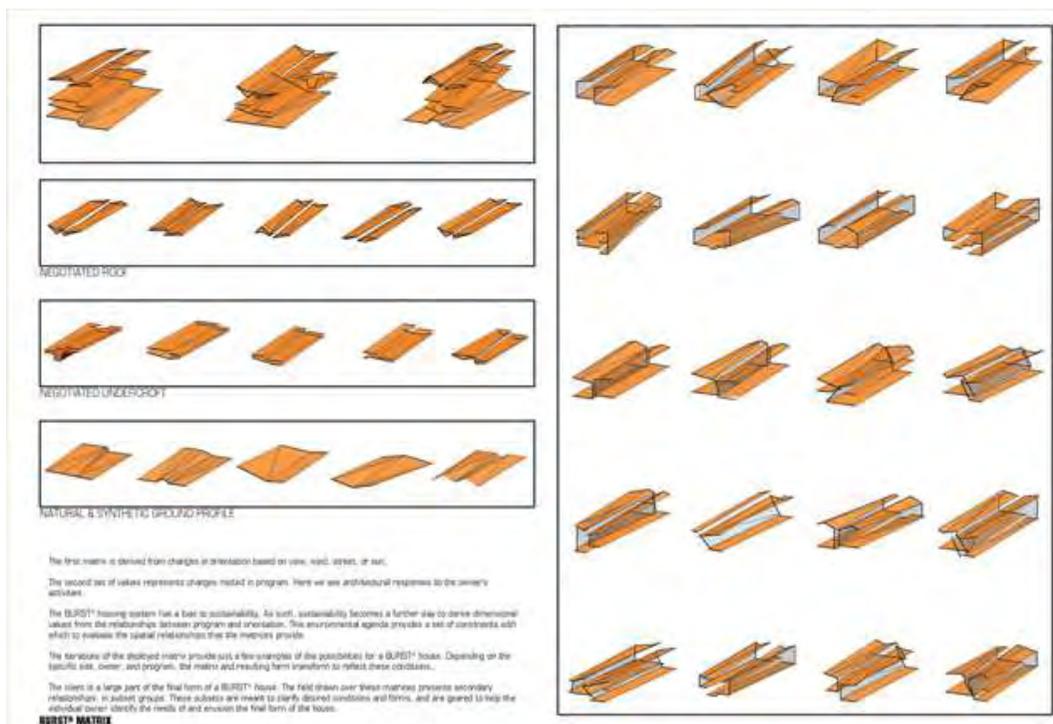


Figura 158: Matriz de encaixe da *Burst*008*.



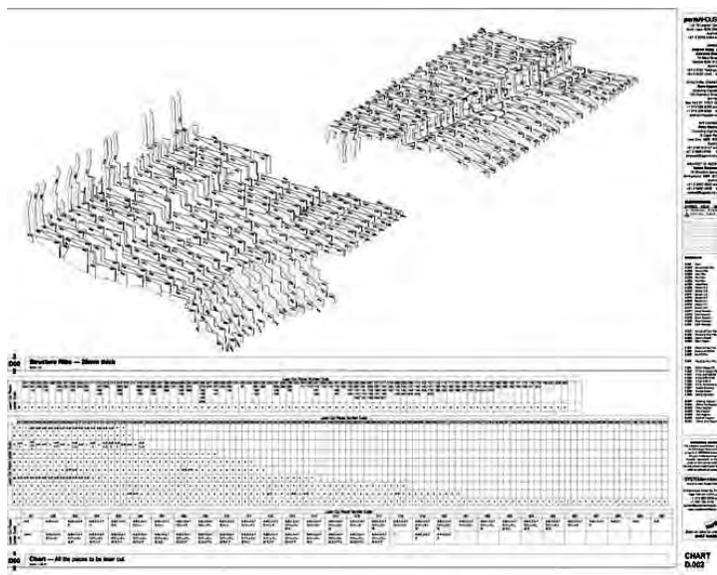
159

Figura 159: Criada pelos arquitetos Jeremy Edmiston e Douglas Gauthier, a *Burst*008* se esforça para sistematizar projeto arquitetônico, canalizando a vontade livre com o viés conceitual.

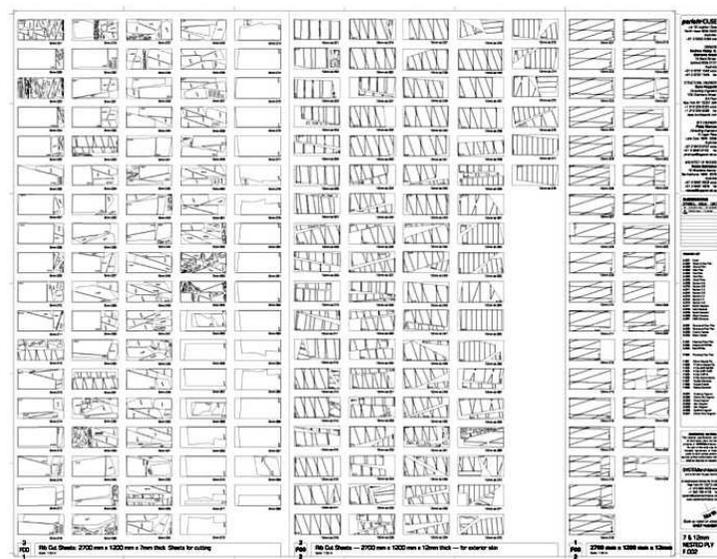
Figura 160: Planta baixa do nível principal da *Burst*008*.



160



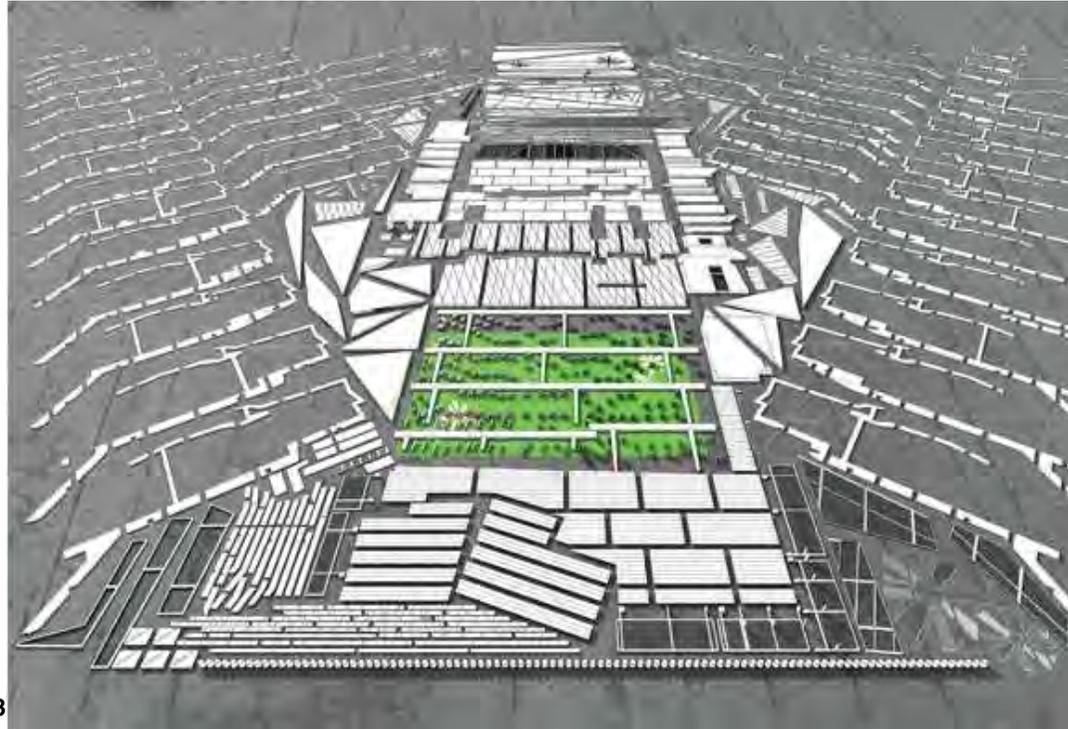
161



162

Figura 161: Sistema de construção da *Burst*008*: estrutura em chapas de compensado 25 mm cortadas a laser, controladas por computador e numeradas para guiar a montagem no local.

Figura 162: Revestimento: paredes e no telhado da zona de sono com chapas de compensado 12 mm. Zona viva: chapas de compensado de 18 mm instaladas a 50 mm do piso. Pisos: duas camadas de madeira compensada 12 mm com acabamento em resina. Isolamento: isolamento pulverizado no telhado e entre a parede e a estrutura.



163

Figura 163: Modelo 3D Explodido. Peças vão para um software que as corta com o laiser.

Figura 164: *Burst*008*, durante a exposição no MOMA.



164



165



166

Figura 165: Peças da *Burst*008*.

Figura 166: Transporte das peças da *Burst*008*.



167

Figura 167: *Içamento da primeira parte da estrutura da Burst*008.*



168

Figura 168: *Encaixe da última seção estrutural da Burst*008.*



169



170

Figura 169: Finalização da estrutura da *Burst*008*.

Figura 170: Telhado da *Burst*008*.

Figura 171: Detalhe encaixe das peças *Burst*008*.

171



ideia deste grupo de pesquisa, integrante do *MIT (Massachusetts Institute of Technology) Design Lab*, era desenvolver um sistema simples e ao mesmo tempo radical em seu desejo de destinar o poder da tecnologia apenas para resolver problemas ao invés de inventar uma nova linguagem formal.

Especificamente para a exposição do MoMA, o grupo do *MIT Design Lab* desenvolveu a *Digitally Fabricated Housing for New Orleans*, um protótipo que transmite a releitura da tradicional casa *Shotgun*. Com área de 18 m² (um quarto), pretende ser uma proposta para a rápida reconstrução de New Orleans, um importante tópico de debate desde que o furacão Katrina devastou a Costa do Golfo em 2005. O projeto objetiva exemplificar um processo de design que utiliza tecnologias de ponta enraizadas em esforços de pesquisa de longo prazo com a intenção de ilustrar um sistema que permite produzir habitação pré-fabricada de baixo custo e alta qualidade.

No verão de 2007, Sass e seus alunos realizaram uma pesquisa sobre a habitação *Shotgun* em New Orleans. Concentrando-se nos grandes bairros históricos, um grupo de estudantes analisou casas locais aparentemente emblemáticas da identidade arquitetônica da cidade por meio da documentação de pesquisa e modelou digitalmente suas seleções a fim de compreender os métodos de construção, detalhes e estéticas tradicionais locais.

Essa compreensão deu lugar ao novo projeto. A fim de testar os limites da técnica e provar que o sistema de distribuição e processo digital não se limita a um estilo arquitetônico – ele pode produzir uma casa modernista tão facilmente quanto uma mansão vitoriana –, foi selecionada essa ornamentada casa estilo *Shotgun* para apresentação no MoMA.

Cumprida a etapa de digitalização do modelo arquitetônico, iniciou-se o processo de materialização, que se dividiu em três fases. A primeira começou por quebrar o modelo digital em uma lógica de componentes e montagens. A segunda implicou o exame da sequência de montagem digital modelado. A fase final envolveu o que é chamado de impressão, em 3D, permitindo que o

pesquisador examinasse o modelo digital como um corpo físico sólido.

Uma das estratégias centrais de condução do projeto é o uso de massa personalizada. Esta acontece em escalas múltiplas que vão desde as principais características estruturais até os detalhes. O corpo principal emprega uma estrutura padronizada, enquanto a varanda da frente pode ser personalizada para se adequar ao contexto único de cada casa.

Primeiramente todos os componentes da casa, desde os elementos estruturais até a ornamentação, foram modelados em 3D, por computador. Então esses arquivos foram enviados para uma fábrica que possui maquinário com tecnologia CNC na Virgínia, onde cada componente foi precisamente cortado em pranchas de madeira. Depois de todas as 600 peças fabricadas, revestidas e testadas, foram enviadas por caminhão ao museu. As paletas foram descarregadas e empilhadas no terreno de acordo com uma ordem de processamento. O sistema de montagem, que durou 18 dias para o protótipo do MoMA, não é muito diferente de construir com “Legos”⁵. O método emprega abas, ranhuras e sulcos para orientar os encaixes. Não há medição ou corte no canteiro de obras. Do ponto de vista de custo, foram removidas duas funções dispendiosas a partir do local de trabalho: medição e corte.

Daniel Smithwick, gerente do projeto, em depoimento para o *Journal Archive*, relata que a coisa mais importante do projeto foi o envolvimento da pesquisa empírica para o desenvolvimento de uma nova tecnologia de desenho e construção. O próximo passo para a continuidade dessa ideia seria, em sua opinião, aumentar a colaboração com os arquitetos, construtores e organizações de desenvolvimento de habitação em todo o mundo:

The most important thing about this project for me was the involvement of empirical research for and design development of a novel technology for home design and delivery. As an architectural designer it was especially rewarding to act as a research scientist persistently testing, re-testing, and confirming data. Throughout our

5 Um brinquedo composto por blocos de construção de plástico. A origem da palavra “Lego” vem da junção de duas palavras do Dinamarquês *leg* e *godt*, que no português significa “jogar bem”.



172



173

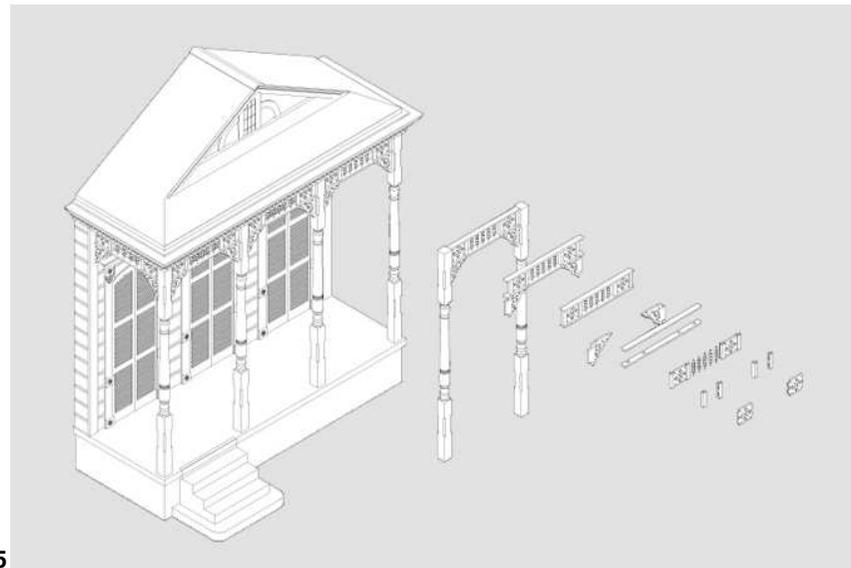
Figura 172: Mapa das casas registradas na cidade de New Orleans.

Figura 173: Quatro exemplares de *Shotgun Houses*.



174

Figura 174: Processo de digitalização.

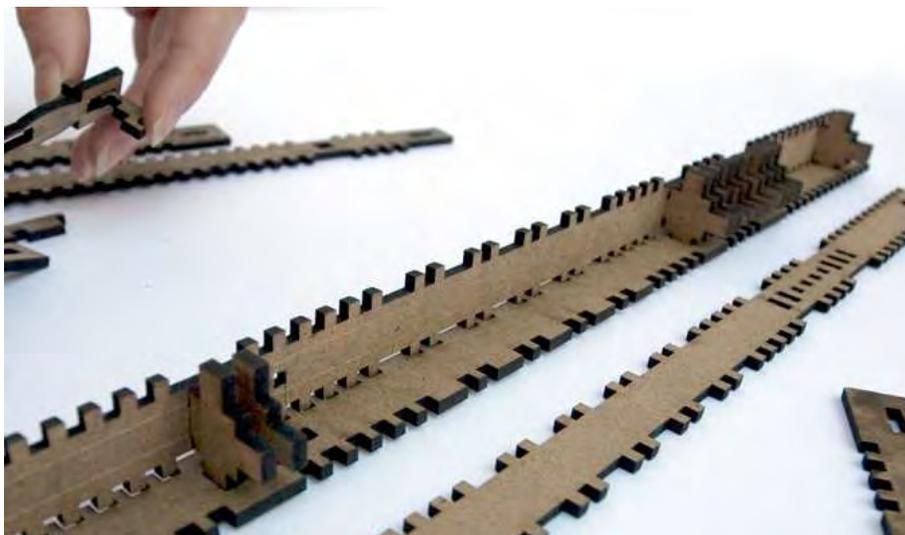


175

Figura 175: Processo de materialização começa pela quebra do modelo digital em uma lógica de componentes e montagens.



176



177

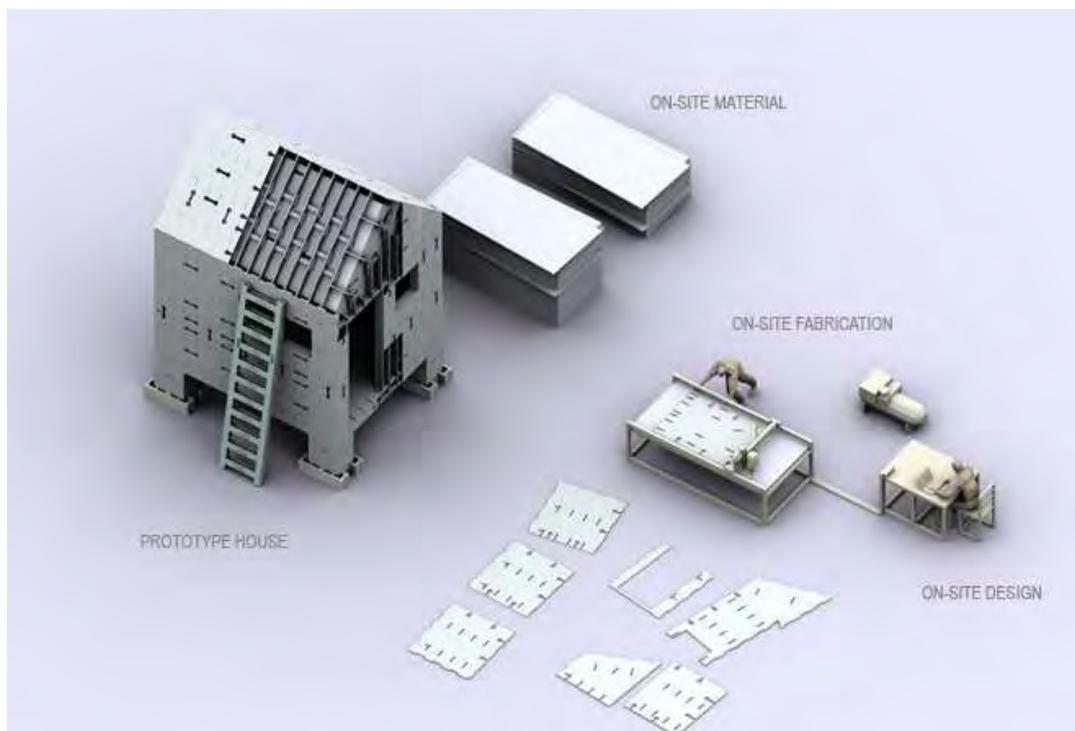
Figura 176: Processo de materialização no *Design Lab - MIT*.

Figura 177: Processo de materialização: estudo em escala 1:06 de uma coluna montada em madeira.

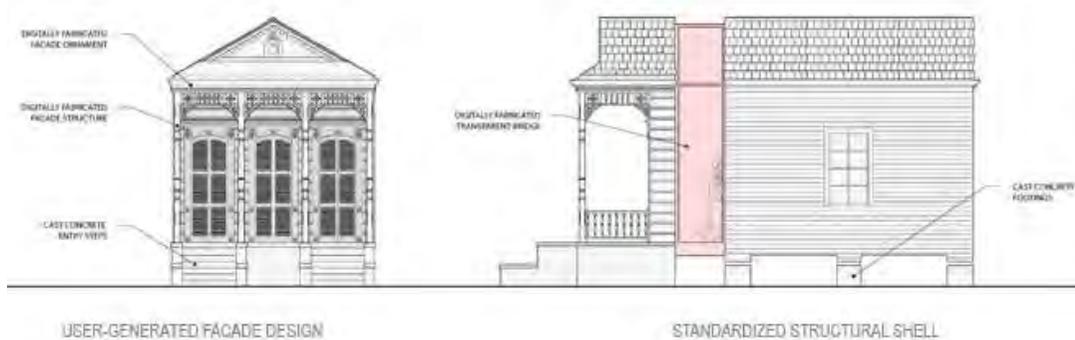
Figura 178: A fase final do processo permite que o pesquisador examine o modelo digital em sua forma. A figura acima mostra modelos de fachadas *Shotgun* 3D na escala 1:30.

178





179



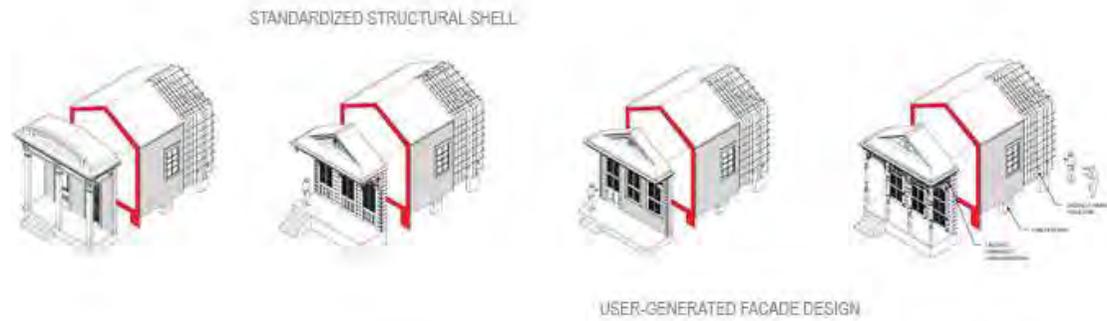
180

Figura 179: O sistema utilizado para a elaboração das peças é o CNC (*Computer Numerical Control*), portanto não há necessidade de construção em grande escala.

Figura 180: Desenho da fachada gerada/ estrutura da “casca” estandardizada.

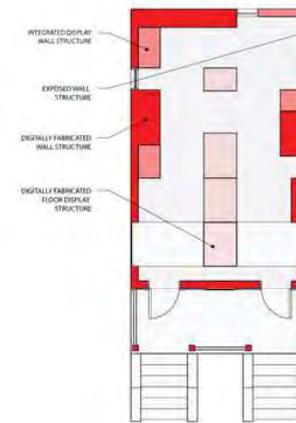
Figura 181: O principal uso do espaço interno do projeto será para fins educacionais com o objetivo de fazer com que o visitante interaja com o software de fabricação.

Figura 182: Sinalização da fachada.



182

181





183



184

Figura 183: Possibilidade montagem do modelo de correção.

Figura 184: Modelo quase pronto.



185



186

Figura 185: Após a chegada das peças, a equipe fez uma pausa de três dias.

Figura 186: Primeiro dia de montagem.



187

Figura 187: Segundo dia de montagem.

project, the process constantly involved testing new digital modeling methods and new materials, fabricating physical prototypes and full scale mock-ups, and most importantly, recording and documenting every step along the way.

The most enjoyable part of the project was the truly collaborative method in which we worked. We all contributed so much to the project—valuable design decisions, criticisms, vision, and lots of endurance. The three of us, along with our research class and handful of dedicated volunteers, had many moments of great enthusiasm, disparity, laughter, and sadness. It was an amazing project to be a part of—emotionally, academically, and professionally.

Our next step for continuing this project into the future is to increase wide-spread collaboration with architects, builders, and housing development organizations around the world. We really intend for the project to further develop as a ‘do-it-yourself’ endeavor—something that we could share with people across the world and that they could eventually utilize on their own. In concept, it’s very similar to open-source software—users can contribute their own designs and fabrication ideas for everyone to use⁶.

6 Lawrence, S. *The Final Days, Journal: Digitally Fabricated Housing For New Orleans*. 10 Julho de 2008. Disponível em: <<http://www.momahomedelivery.org/>>. Acesso em: 2 jun. 2012.



188



189



190

Figura 188: Terceiro dia de montagem.

Figura 189: Quarto dia de montagem.

Figura 190: Quinto dia de montagem.



Figura 191: Sexto dia de montagem.

Figura 192: Sétimo dia de montagem.

Figura 193: Oitavo dia de montagem.



194



195

Figura 194: Nono dia de montagem.

Figura 195: Décimo dia de montagem.



196

Figura 196: Décimo primeiro dia de montagem.



197

Figura 197: Últimos dias.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As experiências formais e tecnológicas de pré-fabricação do século XXI se iniciam com a ampliação das alternativas de interação entre computadores e máquinas de produção industrial, estabelecendo novas oportunidades de relacionamento entre tecnologia, projetistas e usuários, as quais reforçam a ideia de acabar com a relação assimétrica existente entre evolução da industrialização e arquitetura, cabendo primeiramente aos próprios arquitetos engajar-se com a indústria não só em nível de conhecer e aplicar elementos já oferecidos em catálogos de fabricantes, mas na participação da concepção desses produtos, beneficiando suas criações e tornando-se cada vez mais relevante a indústria da construção.

O impulso inicial para essa integração entre arquitetura e indústria pode se dar pela exploração das potencialidades do uso de sistemas pré-fabricados nos métodos de ensino de projeto arquitetônico – que inúmeras vezes passam longe da apropriação de como o mesmo pode se articular à ideia de inovação tecnológica. Tendo em vista que esses sistemas impõe o emprego dos conceitos de compatibilização e construtibilidade, diretrizes fundamentais para o ensinamento das disciplinas de projeto, podem funcionar como uma eficiente base de fundamentação para ajudar a desenvolver nos alunos a aptidão de pensar o projeto de forma integrada, de ter a visão tanto do todo arquitetônico como dos detalhes técnicos.

BIBLIOGRAFIA

ARIEFF, A.; BURKHART, B. *Prefab.* Layton: Gibbs Smith, 2002.

ARÍS, Carlos Martí. *Silencios elocuentes.* Barcelona: Edicions UPC, 1999.

BAPTISTA, Sheyla M. *Industrialização das Construções, Racionalização das Construções.* UFSCAR.

BERGDOLL, B. *Home Delivery: Fabricating the Modern Dwelling (Home Delivery: Viscidities of a Modernist Dream from Taylorized Serial Production to Digital Customization).* New York: Museum of Modern Art, 2008.

BOGÉA, M.; REBELLO, YOPANAN C. P. *A Variabilidade da Repetição.* In: AU (Arquitetura e Urbanismo) nº. 145, p. 76-79, 2006.

BRUCE, A.; SANDBANK, H. *A History of Prefabrication.* New York: Arno Press, 1972.

BRUNA, Paulo. *Arquitetura, Industrialização e Desenvolvimento.* 2ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2002.

CABRAL, C. P. C. *Uma Fábula da Técnica na Cultura do Estado do Bem-Estar: Grupo ARCHIGRAM. Cadernos de Arquitetura e Urbanismo.* Belo Horizonte, v.11, nº 12, p. 247-263, dez/ 2004.

CAMPOS, Paulo Eduardo F. *Sem Restrições Tecnológicas, os Pré-Fabricados Precisam Romper Obstáculos Culturais.* In: Abcic: Artigos Técnicos. Disponível em: < <http://www.abcic.org.br/artigo2.asp>>. Acesso em: 21 jul. 2012.

CASTRO, F. R. de Magalhães. *O Objeto Técnico – A casa em Nancy.* 2009. 85 p. Máster (sic.) Oficial em Teoria e Prática do Projeto de Arquitetura. Universidade Politécnica da Catalunha. Departamento de projetos Arquitetônicos. Espanha – Barcelona, 2009. Ori.: Brosa, V. e Quetglas, J.

COTELO, B. L.; QUINTÁNS, C. *Sistema Moduli.* In: Tectonicablog. Disponível em: < <http://www.habiter-autrement.org/11.construction/contributions-11/Moduli-Analyse-Finland-Gulichsen.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2012.

DAVES, C. *The Prefabricated Home.* London: Reaktion Books, 2005.

DROSTE, Magdalena. *Bauhaus-Archiv. Koln.* Taschen, 2006. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Walter_Gropius>. Acesso em: 5 maio 2012.

EKERMAN, Sergio Kopinski. *Um Quebra-Cabeça Chamado Lelé.* In: Arqtextos nº 064.03. Setembro de 2005. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arqtextos/06.064/423>>. Acesso em: 10 jun. 2012.

FABRÍCIO, Márcio M.; NAKANISHI, Tatiana M. *Arquitetura e Domínio Técnico nas Obras de Marcos Acayaba.* In: Revista Risco, nº 9, 2009.

FARAH, M. F. S. *Processo de trabalho na construção habitacional: tradição e mudança.* São Paulo: Annablume, 1996.

FABRÍCIO, M. *Industrialização das Construções: Uma Abordagem Contemporânea,* 2008. In: VERNIZ, D. *Industrialização de Construções Complexas: Estudo de Caso em Obras de Hospitais, Plano de Dissertação.* Disponível em <http://www.iau.usp.br/pesquisa/grupos/arquitec/Debora/Plano_debora.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2012.

FETTES, T. T. *The Luston Home: the history of a postwar prefabricated housing experiment.* McFarland & Company, Inc. Publishers, 2002. GUIMARÃES, A. G. L. *A Obra de João Filgueiras Lima no Contexto da Cultura Arquitetônica Contemporânea.* 2010. 04-15. Tese de Doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo USP. São Paulo, 2010.

GRACIANO, Guilherme. *Richard Buckminster Fuller: a tentativa de mudar o mundo através da Arquitetura do Design.* Disponível em: <<http://rbfuller.blogspot.com.br/2008/10/dymaxion-house.html>>. Acesso em: 30 abr. 2012.

GROPIUS, W. *Bauhauss: novarquitectura*. São Paulo: Perspectiva, 1972.

HERBERS, J. *Prefab Modern*. New York: Collins Design, 2004.

HERBERT, G. *Dream of the Factory-Made House: Walter Gropius and Konrad Wachsmann*. Cambridge: MIT Press, 1984.

_____. *Pioneers of Prefabrication: The British Contribution in the Nineteenth Century*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1978. p. 11-12.

JURGENS, U.; MALSCH, T.; DOHSE, K. *Breaking from Taylorism: changing forms of work in the automobile industry*. Cambridge University Press, 1993.

KOMENDANT, A. E. *18 Years with Architect Louis I.Kahn*. Englewood: Aloray Publisher, 1975.

LAWRENCE, S. *The Final Days, Journal: Digitally Fabricated Housing For New Orleans*, 10 julho de 2008. Disponível em <<http://www.momahomedelivery.org/>>. Acesso em: 2 jun. 2012.

LE CORBUSIER. Casas em série. In: _____ *Por uma arquitetura*. 6ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2004.

LIMA, Adson C. B. R. *Arquitetura, a Historicidade de um Conceito – Um Breve Estudo Sobre a Mitologia da Fundação da Arquitetura*. In: *Arquitextos* nº 123.01. Agosto de 2010. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/11.123/3514>>. Acesso em: 15 jun. 2012.

MAHFUZ, Edson da Cunha. *Reflexões sobre a construção da forma pertinente*. Disponível em <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/04.045/606>>. Acesso em: 25 nov. 2012.

McCOY, E. *Case study houses 1945-1962*. Los Angeles: Hennessey+Ingalls, 1962.

MENESES, Nélia M. N. *Arquitetura(s) Nômada(s) – Paisagens em Constante Mutação*. 2007. 174 p. Prova Final de Licenciatura em Arquitetura. Universidade de Coimbra. Faculdade de Ciências e Tecnologias. Departamento de Arquitectura, Coimbra, PT, 2007. Ori.: Cardielos, João Paulo.

MONTENEGRO FILHO, Roberto Alves de Lima. *Pré-fabricação e a obra de Eduardo Kneese de Mello*. 2007. 252 p. Dissertação (mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Área de Concentração: História e Fundamentos da Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, BR-SP, 2007. Ori.: Pinheiro, Maria Lúcia Bressan.

MORNEMENT, A.; HOLLOWAY, S. *Corrugated Iron: building on the frontier*. Singapura: W.W. Norton & Company, 2007.

OSAYIMWESE, I. Konrad Wachsmann: *Prefab Pioneer. Dwell Magazine The Prefab Issue: Real Homes for Real People*. V.09, nº 03 p.98-100, feb./ 2009.

OLIVEIRA, N. M. A. *Produção Seriada e Individualização na Arquitetura de Moradias*. In: cadernos de Arquitetura e Urbanismo, Belo Horizonte, v.13, nº14, p. 159-18, dez. 2006.

PALERMO, Nicolás S. *O Sistema Dom-ino*. Porto Alegre: UFRGS – PROPARG, 2006.

PETERSON, C. *Prefabs in the California Gold Rush, 1849. Journal of the Society of Architecture Historians*. v.24, nº 04. p. 318-324. Dec. 1965.

PFAMMATTER, U. *The Making of the Modern Architect and Engineer: The Origins and Development of a Scientific and Industrially Oriented Education*. Basel: Birkhauser, 2000.

REIFF, D. D. *House from Books: treatises, pattern books, and catalogs in American architecture, 1738-1950, a history and guide*. University Park: The Pennsylvania State Press, 2000.

ROCA, Miguel Angel. Arquetipos y modernidad, Louis Kahn, 1985. In: PALERMO, N. S. As arquiteturas do tempo de Louis I. Kahn, *Vitruvius: Arquitextos*, Porto Alegre, v. 069, nº 08, fev/ 2006. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/06.069/382>>. Acesso em: 18 maio 2012.

ROSA, W. *Arquitetura Industrializada: a Evolução de um Sonho a Modularidade*. 2006. 90 p. Dissertação (mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Departamento de Pós-Graduação, São Paulo, BR-SP, 2006. Ori.: Ventura, Alessandro.

ROSSO, T. *Racionalização das Construções*. São Paulo: FAU/USP, 1990.

ROTH, L. M. *Understanding Architecture. Its Elements, History, and Meaning*. Boulder: Westview Press, 1993.

SAMPAIO, Maria Ruth Amaral de (Coord.). *A Promoção privada de Habitação Econômica e a Arquitetura Moderna 1930 – 1964*. São Paulo: Rima, 2002.

SERRA, S. M. B.; FERREIRA, M.de A.; PIGOZZO, B. N. *Evolução dos Pré-Fabricados de Concreto*. Universidade Federal de São Carlos. Departamento de Engenharia Civil. Núcleo de Estudos e Tecnologia em Pré-Moldados. Nov. 2005. Disponível em: <http://www.set.eesc.usp.br/1enpppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/164.pdf>. Acesso em: jul. 2012.

SMITH, Ryan E. *Prefab architecture: a guide to modular design and construction*. John Wiley & Sons, Inc, 2010.

STUDION. *Lego na Arquitetura: Algo Sobre o Histórico à Contemporaneidade*. In: Café com Design. Jan. 2012. Disponível em: <http://lounge.obviousmag.org/cafe_com_design/2012/01/lego-na-arquitetura-algo-sobre-o-historico-a-contemporaneidade.html>. Acesso em: 30 jun. 2012.

TAGLIARI, A. *Projeto Residencial Moderno: Pré-fabricado e Modulado na Obra de Wright*. 2010. In: Pós, v. 18, nº 30. São Paulo, 2011. Ori.: Perrone, R. A C.

VALE, B. *Prefabs: A History of the UK Temporary Housing Programme*. London: E & FN Spon, 1995.

VITRUVIUS, Marco P. *Vitruvius on Architecture*. Cambridge: Harvard University Press, 1931.

WOODS, M. N. *From Craft to Profession: The Practice of Architecture in Nineteenth-Century America* Berkley. University of California Press, 1999.

WRIGHT, Frank L. *Truth against the world: Frank Lloyd Wright speaks for an organic architecture*. New York: Wiley, 1987.

CRÉDITOS DAS IMAGENS

ARIEFF, A.; BURKHART, B. **Prefab**. Layton: Gibbs Smith, 2002. 12, 13.

BENEVOLO, Leonardo. **História da Arquitetura Moderna**. 3ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2004. 5, 6, 7, 8, 9, 10.

DAVES, C. **The Prefabricated Home**. Londres: Reaktion Books, 2005. 14, 39, 45.

GUIMARÃES, A. G. L. **A Obra de João Filgueiras Lima no Contexto da Cultura Arquitetônica Contemporânea**. 2010. 04-15. 143 p. Tese de Doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo USP. São Paulo, 2010. 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68.

LE CORBUSIER, et Jeanneret (**Oeuvre Complete**) 1910-1929/ Vol. 1. Zurich: Les Editions D' Architectures, 1995. 8v. 41, 42.

MENESES, N. M. N. **Arquitetura(s) Nômada(s)** – Paisagens em Constante Mutação. Prova Final de Licenciatura em Arquitetura. Universidade de Coimbra. Faculdade de Ciências e Tecnologias. Coimbra, Setembro 2007. 56.

RUSSELL, Barry. **Building Systems, Industrialization and Architecture**. Londres: John Wiley & Sons, 1981. 15.

SCHLEIFER, Simone. **Casas Prefabricadas**. Espanha: Evergreen, 2009. 136, 137, 138, 139.

SMITH, Ryan E. **Prefab architecture: a guide to modular design and construction**. John Wiley & Sons, Inc, 2010. 11, 22, 30, 31, 32, 34, 40, 49, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 94.

SPERLING, D. M. **O Projeto Arquitetônico Novas Tecnologias de Informação e o Museu do Guggenheim de Bilbao**. Variabilidade da Repetição, Revista Au, 70.

INTERNET:

Archdaily. Disponível em: <<http://www.archdaily.com/64028/ad-classics-centre-georges-pompidou-renzo-piano-richard-rogers/conservapedia/>>. 59.

ArchDaily. Disponível em: <<http://www.archdaily.com/74974/oleanderweg-stefan-forster-architekten/existing-building-01/>>. 71.

Arcoweb. Disponível em: <<http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/foster-and-partners-escriptorios-da-16-03-2005.html>>. 89, 90.

Art History Feathers. Disponível em: <<http://arthistoryfeathers.wordpress.com/tag/bauhaus/>>. 35.

BluHomes. Disponível em: <<http://www.bluhomes.com/homes/glidehouse/#http://www.bluhomes.com/wp-content/uploads/gl-p-NH-10-0022-xxxx-ext-001-590x443.jpg>>. 93.

Deutsche Welle. Disponível em: <<http://www.dw.de/dw/article/0,,771385,00.html>>. 72.

Eames Foundation. Disponível em: <<http://eamesfoundation.org/eames-house-history>>. 50, 51.

Efímeras, Dymaxion Dwelling Machine. Disponível em: <<http://www.efimeras.com/wordpress/?p=265>>. 46.

Engines o four Ingenuity. Disponível em: <<http://www.uh.edu/engines/epi1278.htm>>. 28.

Enter Nissens. Disponível em: <<http://www.nissens.co.uk/>>. 27.

Enter the World of Eichler Design, Magazine Article, Family Circle. Disponível em: <http://totheweb.com/eichler/articles/family_circle_no_date/index.html>. 25, 26.

Flat Park. Disponível em: <<http://www.flatpakhouse.com/>>. 92.

Gauthier Architects. Disponível em: <<http://gauthierarchitects.com/burst8.html>>. 163, 164, 165, 166, 167.

Home Delivery. Disponível em: <<http://www.momahomedelivery.org/index.php/#/1/2008-04-25>>. 101, 102, 103, 124, 125, 126, 127, 140, 141.

Home Delivery. Disponível em: <<http://www.momahomedelivery.org/index.php/#/1>>. 104.

Home Delivery. Disponível em: <<http://www.momahomedelivery.org/index.php/#/1/2008-07-04>>. 106, 107.

Home Delivery. Disponível em: <<http://www.momahomedelivery.org/index.php/#/1/2008-04-18>>. 112, 113, 114.

Home Delivery. Disponível em: <<http://www.momahomedelivery.org/index.php/#/1/2008-07-11>>. 115, 116, 121, 122.

Home Delivery. Disponível em: <<http://www.momahomedelivery.org/index.php/#/5>>. 142, 143, 144, 145, 146, 149.

Home Delivery. Disponível em: <<http://www.momahomedelivery.org/index.php/#/5/2008-07-07>>. 147, 148.

Home Delivery. Disponível em: <<http://www.momahomedelivery.org/index.php/#/3/2008-04-15>>. 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159.

Home Delivery. Disponível em: <<http://www.momahomedelivery.org/index.php/#/3/2008-06-10>>. 168, 169, 171.

Home Delivery. Disponível em: <<http://www.momahomedelivery.org/index.php/#/3/2008-06-24>>. 170.

Home Delivery. Disponível em: <<http://www.momahomedelivery.org/index.php/#/4/2008-06-12>>. 183.

Home Delivery. Disponível em: <<http://www.momahomedelivery.org/index.php/#/4/2008-06-26>>. 184.

Home Delivery. Disponível em: <<http://www.momahomedelivery.org/index.php/#/4/2008-07-03>>. 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196.

Home Delivery. Disponível em: <<http://www.momahomedelivery.org/index.php/#/4/2008-07-10>>. 197.

Housing. Disponível em: <<http://www.housing.com/categories/homes/history-prefabricated-home/packaged-house-konrad-wachsmann-and-walter-gropius-1941-1952.html>>. 36, 37, 38.

HTCA da ETS Arquitectura de Sevilla. Disponível em: <<http://htca.us.es/blogs/mgr00/2011/10/17/manning-cottage-o-como-un-ingles-prefabrico-america/>>. 1, 2.

Inhabitat. Disponível em <<http://inhabitat.com/plus-house-claesson-koivisto-rune/>>. 97, 98.

La Charmante. Disponível em: <<http://atalmusic.blogspot.com.br/2012/05/jean-prouve-maisons-meudon-1950-1952.html#!/2012/05/jean-prouve-maisons-meudon-1950-1952.html>>. 48.

La Vivienda Minima. Disponível em: <<http://laviviendaminima.tumblr.com/post/20707467246/casa-wichita-richard-buckminster-fuller-la>>. 47.

Living Homes. Disponível em: <<http://www.livinghomes.net/configure.html?model=rk1&step=0&id=rk1>>. 95, 96.

LiskaHaus. Disponível em: <<http://liska.com/blog/index.php/2011/11/liskahaus/>>. 20.

Megaengenharia. Disponível em: <<http://megaengenharia.blogspot.com.br/2012/06/seattle-central-library-seattle.html>>. 87, 88.

Micro Compact Home. Disponível em:<<http://www.microcompacthome.com/projects/index.php?kat=projects&con=low&picc=2>>. 105, 109, 110, 111, 117, 118, 119, 120.

MIT – Design Lab – Your House Home. Disponível em:<<http://mit.edu/yourhouse/research1a.html>>. 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182.

Os Arquitetos Oskar Leo Kaufmann e Albert Ruf. Disponível em: <<http://www.olkruf.com/work/12-studentenwohnheim/>>. 128, 129, 131, 132, 133, 134, 135.

Preservation.org – Showing its Metal. Disponível em: <<http://www.preservationnation.org/assets/photos-images/preservation-magazine/story/2008/lustronmoma.jpg>>. 23.

Preserving Modernism – Connecticut College. Disponível em: <<http://oak.conncoll.edu/~steelhouse/prefab.html>>. 16, 17, 18, 19.

Rede Sarah de Hospitais de Reabilitação. Disponível em: <<http://www.sarah.br/>>. 60.

Resolution 4. Disponível em: <<http://re4a.com/>>. 91.

REBELLO, Y.; BOGÉA, M. A Variabilidade da Repetição. **Revista Au.** Disponível em: <<http://www.auemrede.com.br/arquitetura-urbanismo/145/imprime22135.asp>>. 86.

Save Wright. Disponível em: <http://www.savewright.org/wright_chat/viewtopic.php?p=28977&sid=b6c4d556a3c9939ce0908635b23e68db>. 43, 44.

Solaripedia. Disponível em: <http://www.solaripedia.com/13/276/2995/micro_compact_floor_plan.html>. 108.

Solaripedia. Disponível em: <http://www.solaripedia.com/13/276/2998/micro_compact_home_at_moma_with_solar.html>. 123.

System Architects. Disponível em: <<http://systemarchitects.net/proj/burst01.html>>. 160, 161, 162.

The Castrum and the Quonset Hut. Disponível em: <http://castrumandquonset.blogspot.com.br/2010_01_01_archive.html>. 29.

The New York Times Disponível em: <http://www.nytimes.com/2008/07/13/magazine/13Matter-t.html?_r=1&>. 130.

The New York Times, Levittown Through the Years. Disponível em: <http://www.nytimes.com/slideshow/2007/10/12/nyregion/20071013_LEVITTOWN_SLIDESHOW_index.html>. 24.

Treehugger. Disponível em: <<http://www.treehugger.com/modular-design/ipad-by-andre-hodgskin.html>>. 99, 100.

View Buildings/Architects. Disponível em: <<http://viewpictures.co.uk/Details.aspx?ID=168467&TypeID=1>>. 21.

Vitruvius. Arquitextos. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/06.064/423>>. 73, 74, 75.

Vitruvius. Arquitextos. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/08.086/230>>. 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85.

Wikipedia – Florence Cathedral. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Il_Duomo_Florence_Italy.JPG>. 33.

Wikipedia – Horseley Ironworks. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Richmond_Railway_Bridge_290r1.jpg>. 4.

Wikipedia – The Iron Bridge. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Ironbridge_6.jpg>. 3.