**Universidade de São Paulo
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo**

Wilhelm Rosa

Arquitetura industrializada: a evolução de um sonho à modularidade.

**São Paulo
2006**

**Universidade de São Paulo
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Departamento de Pós-Graduação**

Wilhelm Rosa

Arquitetura industrializada: a evolução de um sonho à modularidade.

Dissertação apresentada à
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da
Universidade de São Paulo
para obtenção do grau de mestre.

Área Design e Arquitetura

**Orientador
Prof. Dr. Alessandro Ventura**

**São Paulo
Novembro 2006**

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer:

ao Prof.Dr. Alessandro Ventura , meu orientador e, de longa data, parceiro de atuação em design, na prancheta (termo antigo) e nas instituições afins, pela confiança, críticas e sugestões ao meu trabalho,

aos meus filhos, Fernanda e Lucas, que sabem das minhas saudades,

e

à Betty pelo estímulo e ajudas inestimáveis.

RESUMO

Este trabalho é um estudo para conhecimento de como evoluiu a aplicação e utilização, na arquitetura e na construção civil, das tecnologias de produção a partir da Revolução Industrial. Especialmente entender por quê, até hoje, as pesquisas, propostas e realizações de arquitetura industrializada são modelos que permanecem isoladas e marginais ao processo de industrialização. Apresenta breves históricos das tecnologias de produção e das propostas e realizações de arquitetura industrializada, o suficiente para se ter uma visão geral e poder entender os conceitos e definições sobre assuntos que fazem parte do universo de referencia da industrialização da construção. Termina com um assunto ainda novo em arquitetura, a Modularidade, mas sem indicar caminhos para a sua aplicação.

ABSTRACT

This dissertation studies knowledge about production technologies, and how this knowledge evolves into application and utilization in architecture and civil construction, in the historical period after the Industrial Revolution. We try to understand why, to this day, research, proposals and realizations in industrialized architecture are models that stay apart from the industrial process. We follow short reports about production technologies and about the proposals, experiences and construction in industrialized architecture, in order to understand the concepts and definitions in industrialized construction. The last chapter shows a new issue in architecture, Modularity.

SUMÁRIO

	PG.
1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	6
1.1. Introdução	
1.2. Justificativa do tema	
2 – MOTIVOS PARA INDUSTRIALIZAR A CONSTRUÇÃO CIVIL	11
2.1. A importância do setor da construção civil no Brasil.	
2.2. O sonho dos arquitetos em industrializar a construção.	
3 – EVOLUÇÃO DAS TECNOLOGIAS E PROCESSOS DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL.	21
Introdução	
Evolução	
Divisão do Trabalho	
Produção em Série	
Novos Avanços na Produção em Série	
Segunda Revolução Industrial	
4 – EVOLUÇÃO DAS PROPOSTAS DE INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL	31
5 – CONCEITOS BÁSICOS	43
5.1. Indústria da Construção	
5.2. Industrialização da Construção	
5.3. Coordenação Modular	
Introdução	
Origens	
A Coordenação Modular	
5.4. Modularidade	
Introdução	
O caso brasileiro	
A Modularidade	
Objetivos da Modularidade	
Definição	
Atributos dos Módulos	
Característica dos Módulos	
6 – CONCLUSÕES	82
7 – BIBLIOGRAFIA BÁSICA	87
8 – BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR	89
9 - “SITES” CONSULTADOS	90

1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1. Introdução

A pesquisa é estudo das tecnologias da industrialização em geral e da industrialização da construção e não pretende esgotar esse assunto tão vasto, cheio de viés, interpretações, soluções diferentes em cada país com aproveitamento dos seus recursos naturais ou não.

A primeira, marco na história da humanidade, nos interessa conhecer apenas os principais fatos geradores de mudanças significativas nas técnicas e nas tecnologias da produção e como estes caminharam até chegar ao nosso tempo, o da globalização.

A Segunda, industrialização da construção, nos interessa por parecer ser a conseqüência natural que se aplique os avançados conhecimentos que o ser humano tem desenvolvido para construir o seu universo físico e, em particular, a Modularidade aplicada à construção.

A Modularidade é um assunto recentemente sistematizado e teorizado, novo tanto na indústria como na arquitetura. Para conhecê-lo melhor e podermos introduzi-lo no universo da construção, foi preciso compreender um pouco da evolução das tecnologias da produção ao longo da história e isto foi feito em dois capítulos:

um sobre a evolução das tecnologias e processos da produção industrial, outro sobre a evolução das propostas de industrialização da construção.

A industrialização da construção é um tema muito publicado, muito estudado e debatido entre arquitetos e engenheiros, gerando diferentes interpretações e definições sobre fatos e dados de uma mesma realidade.

Para que isso não ocorresse na dissertação, os assuntos mais importantes e que poderiam ser confundidos, pela proximidade das palavras, foram definidos no capítulo Conceitos Básicos:

- Indústria da construção e industrialização da construção.
- Coordenação Modular e Modularidade.

Para situar e justificar a importância do tema para a realidade brasileira algumas informações e estatísticas são apresentadas em outro capítulo: Motivos para industrializar a construção.

Nas conclusões é a tentativa de alinhar todos estes assuntos e, com uma visão crítica, verificar se há alguma perspectiva de atuação, enquanto arquiteto, no sentido de melhorar a qualidade do produto final e as condições em que a construção é produzida no Brasil.

1.2. Justificativa do tema

Ao ingressar no curso de Pós-Graduação, a industrialização da construção já tinha sido escolhido como tema e para vir a ser o objeto da minha dissertação, pois seria a maneira de sistematizar e aprofundar minha prática profissional desde os tempos de estágio em empresas de pré-moldados, passando por projetos de edifícios com uso de pré-moldados, chefiando departamento de design em empresa de eletrodoméstico e, atualmente, fabricando móveis sob medida.

O tema, além de estar alinhado pelo fio que costurou quase todos os meus trabalhos, sempre foi de grande interesse dos engenheiros e arquitetos desde meados do séc. XIX, tomando como referência o “Palácio de Cristal”, projeto de Joseph Paxton, em 1850, para a exposição industrial internacional em Londres. Desde então, industrializar a construção se tornou um sonho a ser realizado por aqueles profissionais que tentaram e insistiram em apresentar ao mundo industrial, propostas, modelos e protótipos construídos. As experiências são tantas que, ainda hoje, este assunto é intensamente debatido, publicado e pesquisado com as mais diferentes abordagens .

O tema como título da dissertação de mestrado faltava-lhe ainda um subtítulo que desse a especificidade necessária para garantir a objetividade da pesquisa. Calçado na minha principal atividade e experiência, projetar edifícios industriais com o uso de pré-fabricados, e projetar bens de con-

sumo industrializados, o primeiro subtítulo proposto tinha como objetivo apresentar um projeto de um sistema de elementos modulados e industrializados.

Ainda assim, seria necessário definir um uso para este sistema. Rapidamente foi escolhido uma Unidade Básica de Saúde. Definido o tema e os limites do trabalho a pesquisa deveria se desenvolver na coleta de dados para formar o programa e os parâmetros de projeto, com justificativas e soluções.

No entanto, na apresentação dos trabalhos programados para o Exame de Qualificação, a banca examinadora sugeriu reorientar a estrutura dos capítulos da proposta inicial, no sentido de aprofundar o capítulo da Produção Modular, um tema pouco estudado e pesquisado entre arquitetos.

O novo título passou a ser então: “Industrialização da Construção – a produção modular”.

O novo título sugerido deslocou a pesquisa para atividades não comuns na minha experiência profissional, qual seja a de pesquisador teórico sobre assunto de minha área de atuação. Isto se apresentou como um desafio estimulador, enriquecedor e viria de encontro ao que, inicialmente, pretendia: sistematizar e racionalizar a experiência de projeto nas áreas de edifícios e objetos com características de produção industrial.

A partir deste título a primeira tarefa foi reformular a bibliografia básica e iniciar a leitura dos livros que foram definidos como prioritários. A dinâmica de aprofundar o conhecimento da modularidade sem estudar suas origens na história da industrialização geral, correria o risco de ficar com um conhecimento apenas operacional e, conseqüentemente, sem domínio das razões, dos fatos e da filosofia que embasa essa tecnologia. Esta preocupação encontrou eco em O’Grady (Peter O’Grady, *The Age of Modularity*, cap. 3 – *The journey to Modularity*) onde um rápido histórico, com informações precisas e objetivas, relata a evolução das tecnologias industriais até a Modularidade.

A importância desse capítulo evidenciou a necessidade de se conhecer, também, a história da industrialização da construção para que se compreendesse como e quanto esta foi influenciada pela evolução da indústria e como a Modularidade tem sido exercida na construção civil.

No entanto, a pouca bibliografia disponível e poucas experiências no mundo e quase nula no Brasil dificultou o aprofundamento do tema Modularidade na arquitetura, o que levou a redirecionar novamente o foco de interesse de pesquisa.

Durante as leituras foi-se constatando que a mudança do título de “Industrialização da Construção” para “Arquitetura Industrializada” seria um nome mais pertinente às matérias que estavam sendo estudadas e para onde os interesses mais se voltaram, ou seja: a evolução dos conceitos que os arquitetos se basearam para propor uma arquitetura no contexto de uma economia com produção industrial e qual o repertório de formas e soluções que puderam realizar.

Hoje os arquitetos estão diante de um novo desafio da produção material: se apropriarem arrojadamente da Modularidade, como fizeram os arquitetos do passado com a Produção Seriada.

2. MOTIVOS PARA INDUSTRIALIZAR A CONSTRUÇÃO CIVIL

2.1. A importância do setor da construção civil no Brasil

No Brasil, quando o assunto é o desenvolvimento ou as ações de governo para o desenvolvimento, a construção civil é considerada como um dos setores de maior importância, tanto na absorção de mão de obra quanto na medição do crescimento econômico, tal o significado e dimensão de seus números no cálculo do PIB.

No entanto, pela importância dos bens que produz e pelo número de pessoas que envolve, o setor da Construção é ineficiente no processo construtivo pois interesses econômicos em vigor e a falta de políticas públicas não promovem o aprimoramento tecnológico necessário para melhorar a qualidade final dos produtos, das condições gerais de trabalho, do nível cultural da mão de obra e, por final, para diminuir o déficit habitacional nas áreas urbanas brasileiras.

Seguindo o mesmo procedimento usado por Alessandro Ventura na tese de doutoramento na FAUUSP (Ventura, 2000), e fazendo comparações com os dados extraídos do IBGE – 2004, podemos concluir que:

Seção de Classificação de Atividades	Número de Unidades locais	Pessoal ocupado TOTAL
BRASIL	5.765.927	37.577.722
Agricultura pecuária, silvicultura e exploração florestal	47.661	467.105
Indústrias extrativas	17.421	149.055
Indústrias de transformação	536.661	6.931.693
Produção e distribuição de eletricidade, gás e água	7.497	232.851
Construção	128.092	1.346.865
Comércio, reparação de veículos automotores, objetos pessoais e domésticos	2.775.574	8.786.162
Alojamento e alimentação	369.039	1.421.299
Transporte, armazenagem e comunicações	237.584	1.916.367
Intermediação financeira, seguros, previdência complementar e serviços relacionados	101.556	708.135
Atividades imobiliárias, aluguéis e serviços prestados às empresas	784.911	4.379.981
Educação	102.593	1.296.882
Saúde e serviços sociais	131.624	1.343.653
Outros serviços coletivos, sociais e pessoais	499.420	1.648.293
Organismos internacionais e outras instituições extracambiais	85	743

Quadro I – Cadastro Central de Empresas – 2004

O setor da Construção, junto com o sub-setor de Produtos Alimentícios, ainda é o que mais absorve mão de obra. No entanto, a eficiência da Construção é superada por todos os sub-setores da Indústria de Transformação e, se comparada com o sub-setor de Alimentos, por exemplo, a Construção, embora com o **mesmo número de pessoas**, tem uma receita bruta 1,5 vezes menor, conforme mostra o quadro II a seguir:

	n° empresas	peçoal ocupado	receita bruta (R\$ 1000)	salário médio (salário mínimo)
PRODUTOS ALIMENTÍCIOS	79.425	1.390.115	252.223.587	3,1
CONSTRUÇÃO	128.092	1.346.865	100.098.340	3,1

Quadro II – Cadastro Central de Empresas – 2004

2. Na estrutura produtiva do país encontramos o setor da Indústria da Transformação e o Setor da Construção ocupando, aproximadamente, o mesmo número de pessoas **por unidade empresarial**. Todavia, a eficiência do primeiro se revela, tendo uma receita bruta 13 vezes maior que o segundo e pagando melhor seu pessoal, o que indica ineficiência do segundo setor.

	n° empresas		peçoal ocupado		receita bruta (R\$ 1000)		salário médio (salário mínimo)
IND. TRANSFORMAÇÃO	6.330	1	364.735	1	134.717.670	1,3	7,9
CONSTRUÇÃO	128.092	20	1.346.865	4	100.098.340	1	3,1

Quadro III – Cadastro Central de Empresas – 2004

3. Se comparamos o setor da Construção com outro sub-setor da Indústria da Transformação, o Automotivo, por exemplo, pois nesta dissertação muitas referências serão feitas a ele, encontramos os seguintes dados:

	n° empresas		peçoal ocupado		receita bruta (R\$ 1000)		salário médio (salário mínimo)
AUTOMOTIVO	6.330	1	364.735	1	134.717.670	1,3	7,9
		:		:		:	
CONSTRUÇÃO	128.092	20	1.346.865	4	100.098.340	1	3,1

Quadro IV – Cadastro Central de Empresas – 2004

Pelos dados do quadro acima, podemos concluir que o setor da Construção **emprega menos pessoas por unidade de empresa**, remunera menos seus empregados e tem receita menor que o sub-setor Automotivo.

Observamos, no quadro geral da economia, que a construção desempenha o papel de absorver a mão de obra disponível, mesmo que a remunere com baixos salários. Segundo alguns economistas, o setor forma o “exército de reserva para a indústria” ou um papel de introdutor de mão de obra não qualificada na economia urbana. Cumpre, portanto, a função de dar emprego e, ao mesmo tempo, desempregar com muita facilidade.

4. Se o Setor da Construção for convocado, através de políticas adequadas, para diminuir o déficit habitacional do país, podemos concluir que ele terá que sofrer profundas transformações em sua estrutura e tecnologias para atender à demanda.

Mas, se essa é a realidade dos números na econômica e da construção civil no Brasil, a história da arquitetura e da engenharia tem, com certeza, apresentado modelos e estudos na tentativa de encontrar soluções que venham a colaborar com o progresso e o desenvolvimento deste importante setor da economia.

Aos olhos dos governantes, esses modelos e propostas não passam de diletantismo de profissionais sonhadores e, deste modo, estas experiências nunca são aproveitadas para a elaboração de políticas de fomento

às tecnologias da construção civil. Os tímidos progressos tecnológicos, conseguidos pelo setor, surgiram organicamente das condições objetivas da economia e das iniciativas de alguns empresários que, com visão mais ampla e arrojada, realizaram experiências e investiram em modelos de industrialização. Normalmente, os empresários da construção civil se limitam a reivindicar verbas do governo para empreendimentos que lhes garantam ganhos de capital. Não investem em tecnologia da construção a não ser quando as adquire já totalmente desenvolvida em outros países, como é o caso da Construtora Walter Torre Jr. (utilização do “TILT-UP”, sistema americano de painéis moldados em canteiro e trazido para o Brasil em 1995 sob licença de patente), a Incorporadora Birmann (“joint venture” com a Empresa Turner Construction Company) e a Método Engenharia (parcerias com a canadense Bétons Préfabriques du LAC e com a americana Ralph Martins Construction Company para construção do sistema STAMP) (CAMPO,Sueli.Construção civil atrai investimentos externo. O Estado de São Paulo, 5 ago 96.pB1). Nas décadas de 70 e 80, muitos outros sistemas construtivos, usando os mais diferentes materiais, foram adotados por construtoras ou mesmos pelos próprios fabricantes. Por volta de 1980, uma grande exposição foi montado em Nanduba , Bahia, para estimular a utilização de sistemas mais racionais nas construção de habitações. As empresas participantes foram:

1. Construtora Alfredo Mathias S.A.
2. Indústrias Aliberti S.A.
3. Bel Recanto S.A. Construções
4. Empresa Brasileira de Construções Belcon
5. Broto S.A. Indústria e Comércio
6. Capremold S.A. Construções e Comércio
7. Casa e Jardim Artes Gráficas S.A.
8. Cinasa Construções Industrializadas Nacional S.A.
9. Comcel Construções Modulares S.A.

10. Concretex Indústria de Pré-moldados Ltda.
11. Construvend Const. E Comércio Ltda.
12. Cottage Empreendimentos Ltda.
13. Gell System Brasileira Indústria, Comércio e Construções Ltda.
14. Gradelar Indústria e Comércio Ltda.
15. Hanser House Madeiras Moduladas S.A.
16. Ibelajes Concreto Protendido S.A.
17. IHL Internacional House Limited Ind./Com.
18. Koruna Residencial – Comercial e Construtora Ltda.
19. Love House Ind. De Construção Civil Ltda.
20. Método Engenharia Ltda.
21. Modular Engenharia de Habitação Ltda.
22. Munte Construções Industrializadas Ltda.
23. Novo Angulo Comércio e Construção Ltda.
24. Construtora Oxford Ltda.
25. Precise do Brasil Painéis e Formas Ltda.
26. Prensil S.A. Produtos de alta Resistência
27. Cia Pumex de Concreto Celular
28. Reago Indústria e Comércio S.A.
29. Renoma Engenharia e Construção
30. Rodrigues Lima Construtora Ltda.
31. SCAC Sociedade de Concreto Armado Centrifugado do Brasil S.A.
32. Sistema Sobraf de Pré-Moldados Pesados
33. Servlease S.A. Construções Modulares
34. Sudeste S.A. Indústria e Comércio
35. Tecnocasa Comércio e Indústria S.A.
36. Terranova Indústria Ltda.

A maioria dessas empresas continua no mercado, fornecendo seus produtos para as construções convencionais. Disputam o mercado livremente e sem nenhum programa governamental que os apóie à inovação tec-

nológica ou estimule o mercado ao uso de sistemas mais racionalizados. Hoje, após o Plano Real, a competitividade e a produtividade passaram a ser pauta também das empresas de Construção Civil.

A presença de investimentos estrangeiros no Brasil, influenciaram positivamente a evolução da Construção Civil. Construtoras que utilizam “Know-how” de países desenvolvidos. Hoje elas são referências na utilização racional dos insumos e recursos durante as fases de projeto e da construção, aplicando técnicas da indústria como o planejamento do canteiro, a rigor na programação e execução de etapas, mecanização de algumas tarefas (como por exemplo: “lastro zero”), uso de materiais com precisão de medidas e investimento em gestão do canteiro e da mão de obra.

Nota-se uma grande preocupação em se conseguir baixar o custo final do edifício para atingir margens de lucro razoáveis e padrões de qualidades compatíveis com o mercado internacional.

2.2. O sonho dos arquitetos em industrializar a construção civil.

Desde que as técnicas de fabricação foram capazes de reproduzir peças das edificações, muitas experiências foram realizadas, das quais, muitas foram bem sucedidas. O processo de industrialização das edificações passou por várias fases até o final do séc XX. Durante este período surgiram várias questões, algumas respondidas e outras debatidas pelos interessados no assunto:

- A industrialização da construção limita a criação, deixando todos os edifícios homogêneos, uniformes e monótonos?
- Qual a estética possível da arquitetura industrializada?
- É possível industrializar a construção de qualquer edifício?
- Qual o grau de industrialização que é possível se alcançar, sem prejudicar a qualidade arquitetônica?

- Quem serão os agentes que poderão investir num setor que exige tão elevados recursos financeiros?
- Qual o volume de recursos financeiros necessário para industrializar a construção de alguns setores?

Algumas destas questões foram respondidas, no início do séc. XX através de experiências e propostas feitas por arquitetos.

Sobre essas questões Gropius, em “Bauhaus: nova arquitetura” (1929), diz: *“Assim como hoje em dia 90% da população não pensa mais em encomendar sapatos sob medida, limitando-se a usar produtos em série como consequência de métodos aperfeiçoados de fabricação, no futuro o indivíduo poderá encomendar no depósito a sua moradia mais adequada. A técnica moderna talvez esteja à altura desta tarefa, mas não a organização econômica do ramo das construções que ainda depende inteiramente de métodos de trabalho manual e não reserva um papel menos restrito à máquina. O remodelamento radical da organização da construção no sentido industrial é, por isso, uma condição imperativa para uma solução moderna deste importante problema. É preciso abordá-lo por três lados ao mesmo tempo, isto é, sob o ângulo econômico organizacional, técnico e formal; os três setores dependem diretamente um do outro. Soluções satisfatórias só poderão advir de procedimentos simultâneos nos três domínios, pois, dado o grande número de emaranhadas questões, não é possível conceder supremacia a um só setor, mas sim, ao trabalho conjunto de numerosos profissionais.”*

Este depoimento mostra claramente a visão abrangente que Gropius tinha sobre a questão específica da industrialização de habitações, revelando o quanto esta tarefa exige esforços de profissionais de várias áreas e de toda a sociedade. E continua, dizendo:

“O barateamento da produção de habitações é de importância decisiva para a economia nacional. As tentativas de reduzir os custos da construção de tipo manual, por meio de métodos mais rígidos de organização do trabalho, até agora não trouxeram senão progressos muito

ligeiros. O problema não foi atacado pela raiz. A nova meta seria a produção industrial de casas de moradia em larga escala, que seriam fabricadas, não mais no canteiro de obra, mas dentro de fábricas especiais, em partes isoladas passíveis de montagem. As vantagens desse tipo de produção cresceriam à medida que se aumentasse as possibilidades de montagem das partes pré-fabricadas no próprio canteiro de obra, por meio de processos de construção a seco, como se fossem peças de uma máquina. Esta montagem de produção a seco, que adiante explicarei melhor, removeria os transtornos advindos da umidade e perda de tempo que o velho processo aquoso de construção com argamassa e reboco acarreta.

Alcançaríamos assim, de um só golpe, completa independência às variações do tempo e das estações do ano.

Semelhante processo de construção industrial só é cogitável com amplo apoio financeiro. O pequeno empreiteiro ou arquiteto nunca estará em condições, individualmente, de colocá-lo em prática. Uma iniciativa conjunta, para tal fim, de todos os ramos compreendidos, já deu bons resultados econômicos também em outros campos”. (Gropius,W.,1972).(o grifo é de W. Gropius)

A presença de governos para introduzir políticas que garantissem grandes investimentos públicos e privados, era cogitada desde o início do séc. XX. Desde aquela época Gropius falava com grande certeza, das vantagens de se industrializar:

“As vantagens econômicas desta forma de construir seriam então enormes, sem dúvida. Profissionais experientes estimam que se possa esperar uma redução de 50% ou mais nos custos. Isto significaria nada menos que todo o trabalhador teria a oportunidade de conseguir para a sua família, uma casa saudável e boa, assim como hoje, graças ao processo industrial no mundo, lhe é dado adquirir artigos de primeira necessidade a um preço bem menor do que as gerações anteriores obtinham”.

O arquiteto John Bradie em 1904, após construir em Liverpool, a primeira obra com grandes painéis de concreto, afirmou: *“Com este programa y el método de construcción rápido de mi invención, puedo eliminar grandes déficits de alojamientos que han suigido”* (Ordoñez, 1974)

Esse sonho, emprestado da indústria de bens de consumo e de bens de capital, passou a ser, entre engenheiros e arquitetos, uma busca incessante tal era sua importância e necessidade.

Muitos arquitetos propuseram inovadoras soluções quanto à lógica de montagem das peças que compõem o edifício. Vários estudos e propostas foram feitas ao longo do século XX, utilizando diferentes materiais com linguagem moderna ou cópia de clássicos, para pequena ou grande escala mas, em geral, com caráter experimental. Algumas propostas progrediram em seus países de origens ou até em outros, mas poucos são os sistemas industrializados que atravessaram o tempo, desde as propostas da Bauhaus até hoje.

3. EVOLUÇÃO DAS TECNOLOGIAS E PROCESSOS DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL

Introdução

Vamos examinar como chegamos até a produção modular (modularity), nos valendo de fatores e variáveis já conhecidas e que nos ajudarão a entender e compreender a evolução das técnicas de produção industrial. O estudo das origens da indústria e das suas tecnologias tem disponível um repertório vastíssimo de livros e abordagens, ricos em exemplos, imagens e dados estatísticos.

No entanto, a bibliografia específica encontrada sobre modularidade tem uma preocupação em destacar os problemas produtivos e poucos tratam da teoria, do significado do termo e de sua origem. Por este motivo todo o estudo da modularidade se baseou em Peter O'Grady que tratou do assunto de uma forma didática, facilitando o conhecimento e o entendimento desse assunto, ainda com poucas referências em arquitetura.

Neste capítulo não serão abordados os aspectos do processo de industrialização relativos às mudanças sociais e culturais que transformaram os hábitos e as perspectivas de vida da população e dos trabalhadores, em particular, pois, para este estudo de entendimento da evolução das tecnologias de produção, vamos observar apenas as interações entre os fatores objetivos de mercado consumidor, facilidade de transporte, desenvolvimento tecnológico, baixo custo de produção, produtividade, divisão de trabalho e suas consequências físicas. Vamos tratar das tecnologias de produção que mais caracterizaram a Revolução Industrial, mesmo sabendo que outros fatores contribuíram objetivamente para o surgimento da indústria e, conseqüentemente, para todas as transformações sociais, políticas e culturais que ocorreram naquela época.

Evolução

A industrialização não tem um início, um marco no tempo, assim como não tem fato específico que lhe deu origem. Surgiu historicamente, da interação de diferentes variáveis que já foram bastante estudadas e pesquisadas por teóricos do assunto.

Para Peter O'Grady (2002), a industrialização começou a crescer rapidamente, principalmente na Inglaterra, por volta de 1800, mas as premissas para o seu surgimento foram os marcantes fatos criados a partir de 1688, quando James II se tornou rei da Inglaterra. Ele deu um grande apoio à marinha mercante, proporcionando grande expansão da mercantilização. O crescimento das exportações através da marinha permitiu que a Inglaterra tivesse acesso às matérias primas das colônias por custos muito baixos. O conseqüente enriquecimento do setor comercial e, ao mesmo tempo, a construção de boas estradas, canais e rios navegáveis pelo interior da Inglaterra, facilitaram ainda mais a penetração do comércio e vendas de diversas mercadorias. Desta forma, matérias primas (como carvão), bem como produtos manufaturados (principalmente tecidos), rapidamente baixaram de preço nas áreas urbanas e puderam ser transportados a baixo custo para o interior. Esse intenso comércio e a facilidade de transporte levaram a população do campo a se deslocar para centros produtores, predominantemente de tecidos. Esses centros eram próximos a rios, o que facilitava que utilizassem a água como força motriz e como via de transporte a baixo custo. Num texto de Adam Smith de 1776, Peter O'Grady nos revela a situação da Inglaterra naquela época:

“Good roads, canals and navigable rivers, by diminishing the expense of carriage, put the remote parts of the country more nearly upon a level with those neighborhoods of the town. They are upon that account the greatest off all improvements”. (Smith, A., 1776, The Wealth of Nations).

A partir do séc. XVIII, o capital começa a entrar no processo produtivo:

“No capitalismo, até então predominantemente mercantilista, era possível adquirir peças e objetos feitos nas oficinas dos artesãos para vendê-los cobrando um sobre-preço: levá-los para outras cidades, vendê-los nas grandes feiras, dentro ou fora dos países. Mas o capital não podia entrar diretamente no processo produtivo.... É no séc. XVIII que o capital entra no processo econômico, provocando reviravolta no sistema”. (Gama,Ruy, 1994).

Ainda segundo Peter O’Grady, é nesta época que surgem as fábricas, ou seja, o local onde se concentravam a população que, vindas do campo, iam trabalhar na produção de tecidos, operando máquinas movidas a roda d’água, máquinas estas que, rapidamente evoluíram para serem movidas a vapor. O uso de máquinas a vapor aumentou enormemente a produtividade, acarretando uma grande diminuição no preço dos produtos e a conseqüente expansão da demanda. Esse incremento de produtividade pode ser medido pelo texto de Henderson W. O. (1969):

“Em 1840 uma indústria de linha, empregando 750 trabalhadores e usando uma máquina a vapor de 100cv, poderia fiar 50.000 fusos e essa produção equivalia à de 200.000 trabalhadores usando a roca manual de madeira”.

As novas conquistas mecânicas na produção são conseqüências de uma nova visão da técnica, que passou a ter a aplicação de teorias, métodos e processos vindos do conhecimento científico muito em voga em toda a Europa. Essa nova visão da técnica foi sendo construída a partir do séc. XVII, junto com o desenvolvimento do capitalismo, da substituição do modo de produção feudal/corporativo pelo empregado assalariado e, principalmente, pelo desenvolvimento do sistema de transmissão do conhecimento, apoiado na aprendizagem pelo sistema escolar. (Gama,R.,1986).

Esse processo de industrialização se expandiu para alguns países da Europa e para os EUA, atingindo a estabilidade nos fins do século XIX. Cada país se industrializou em momento diferente, porém, todos tiveram como fatos determinantes os mesmos que ocorreram na Inglaterra: avanço tecnológico e mercado em expansão.

As transformações ocorridas na produção e comercialização de bens materiais foram tão rápidas e profundas que transformaram, também profunda e rapidamente, as relações sociais e de poder, com conseqüências tão sérias e importantes do ponto de vista histórico e sociológico que este período é chamado de Revolução Industrial. Ordóñez (Ordóñez, 1976) se refere a esse período citando S. Giedion em “Espaço, Tempo e Arquitetura”:

“La revolución industrial, el brusco aumento de la producción llevado a cabo durante el siglo XVIII por la introducción del trabajo organizado y mecánico, cambió completamente el aspecto del mundo, mucho más que la revolución social en Francia. Sus efectos sobre el pensar y el sentir fueron tan profundos, que aún hoy día no podemos valorar a cuál profundidad de la íntima naturaleza del hombre llegó a penetrar, y cuáles graves cambios en ella le reportaron. Pero es indudable que nadie escapó a su influencia, porque la revolución industrial no fue una conmoción política necesariamente limitada a sus consecuencias. En realidad se apoderó del hombre y del mundo, de una manera total. Y aún las revoluciones políticas tienen su fin después de cierto tiempo, y se estabilizan en un nuevo equilibrio social, pero el equilibrio desaparecido por la revolución industrial no se há restablecido todavía. La destrucción de la paz interior y la seguridad, en el hombre, continúa siendo la consecuencia más visible de la revolución industrial. El individuo quedó inmerso en la marcha de la producción, fue por ella”.

Divisão de trabalho

Para Peter O'Grady a divisão de tarefas entre trabalhadores está vitalmente associada à industrialização e ao aumento de produtividade, mesmo que os aperfeiçoamentos dos antigos equipamentos e novas máquinas não tivessem acontecido. Ele faz referência à importância que teve a divisão do trabalho, citando um famoso exemplo de Adam Smith que, segundo este, antes da industrialização, um trabalhador tinha que executar 18 tarefas para produzir 1 alfinete. Com a divisão do trabalho, esse mesmo trabalhador pode produzir 4.800 alfinetes. E resume afirmando que este espantoso aumento de produtividade foi determinado por:

1. Baixo grau de conhecimento exigido de cada trabalhador para o desempenho de uma tarefa.

2. Curto tempo de aprendizagem de uma tarefa.

3. Máquinas especializadas para cada tarefa, desenvolvidas por várias pessoas de todos os níveis da produção: trabalhadores, chefes e empresários.

Esses avanços que ocorreram em todo século XIX, culminaram no fim deste mesmo século, com uma grande invenção de Henry Ford para a produção de automóveis: **a linha de montagem.**

Produção em série (mass production)

Inicialmente, a montagem de automóveis era feita com os trabalhadores levando as peças e ferramentas até o veículo que estava sendo montado e lá, ele desempenhava a tarefa. Ford aperfeiçoou esse processo e em 1912 conseguiu instalar completamente a primeira linha de montagem. Nesta linha, o trabalhador tinha uma ou mais tarefas específicas e, para executá-las, o veículo chegava até ele, quando, então, com ferramentas próprias, instalava as peças. Desta maneira, ele conseguiu que grande quantidade de automóveis fossem construídos com muito baixo custo e com relativa baixa qualidade da mão de obra. Para atingir a esses resultados, Henry Ford teve que repensar o design do automóvel e a definição de todas as tarefas no percurso de montagem, tendo em vista:

1. Reduzir ao mínimo o número de peças a ser montado;
 2. Padronizar os elementos de conexão para garantir a intercambiabilidade das peças;
 3. Reduzir ao mínimo o número de tarefas para cada trabalhador.
- Somente em 1914, esse sistema foi completamente instalado.

O quadro a seguir mostra dois momentos da evolução desse sistema:

	Tempo de Montagem (min)		
	1913	1914	% redução
Motor	594	226	62
Sistema elétrico	20	5	75
Eixos	150	26.5	83
Carro quase completo	750	93	88

Com este processo, o preço do automóvel Ford baixou 2/3 do seu preço entre 1908 e 1924. A linha de montagem fordista passou a ser o paradigma de produção durante todo séc. XX. Todos os produtos industriais, como automóveis, sapatos, eletrodomésticos, roupas, etc. com mais ou menos tecnologia, foram produzidos com o sistema fordista: produção em série na linha de montagem.

Novos avanços na produção em série

Segundo alguns autores, o período que vai até 1950 é chamado de 1ª Revolução Industrial. É o período em que a divisão do trabalho opera máquinas que *“reproduzem de certa maneira as mesmas ações artesanais anteriormente executadas, diferindo destas pelo fato de serem movidas por uma energia diversa da muscular”* (Bruna, P.,1976).

Durante esse período muitos aperfeiçoamentos foram introduzidos com o objetivo de melhorar a produtividade e a eficiência da produção em série criada por Ford, como por exemplo: “Just in Time”, Gestão de um Momento, Qualidade Total, Análise de Valores e Re-engenharia.

Todos esses programas de aperfeiçoamentos tiveram relativa eficiência, de acordo com a dimensão de cada indústria e do mercado em cada localidade. São programas para problemas localizados e, por esse motivo, hoje, somente o “Just in time” faz parte da agenda das empresas.

No caso da Re-engenharia, embora existam relatos de sucesso com sua implantação, alguns falam em 70 a 85% de fracasso. Muitas são as

razões desta técnica ter falhado, mas a principal é que ela exige que as empresas tenham esse projeto como o principal. E a inércia e a resistência às mudanças em geral, impedem que a empresa pare e se dedique a assumir novos desafios.

Segunda Revolução Industrial

A Segunda Revolução Industrial inicia-se por volta de 1950 e tem como característica *“a substituição das atividades que o homem exercia sobre as máquinas, por mecanismos: a diligência, a avaliação, a memória, o raciocínio, a concepção, a vontade, etc, estão sendo substituídos por aparelhos mecânicos ou eletrônicos ou, genericamente, por automatismos”*. (Bruna,P.,1976).

Neste período a relação homem - máquina é parametrizada por um sistema de informações e *“uma ordem superior seria a constituída pelas máquinas que lêem programas operativos, isto é, executam programas prefixados através de fitas magnéticas ou perfuradas. Um exemplo deste tipo de mecanismo, de grande interesse para a construção civil, são as centrais automáticas de concreto que produzem sempre e essencialmente concreto, mas com diversas combinações de agregados água, aditivos, etc, obtendo-se diferentes dosagens e resistências”*. (Bruna,P., 1976).

A mesma visão sobre as características da industrialização neste período após 1950 é relatada por Alessandro Ventura (Ventura, 2002) quando cita Castells:

“A era da informação, que teve seu início nos anos 50 e se instalou definitivamente nas duas últimas décadas do séc. XX, gerou um novo paradigma tecnológico. Este paradigma tecnológico se organiza em torno da tecnologia da informação que, segundo Castells, é a convergência das tecnologias da micro eletrônica, da computação, da telecomunicação, da

opto eletrônica e da engenharia genética e seus desdobramentos”.

(Castells, M.).

Para outros estudiosos, no entanto, este período não é de revolução mas sim, de transformação. De transformação natural e orgânica que ocorre na história quando as relações humanas, econômicas e as novas pequenas descobertas tecnológicas vão se amalgamando, formando novas realidades. E é com esta visão de processo histórico que vem ocorrendo mudanças e fazendo surgir uma nova maneira de produção industrial, não mais como no séc. XIX quando os procedimentos se concentravam em centros de produção (fábrica), mas ao contrário, descentralizados em vários locais.

Segundo Kranzberg, citado por Ventura (2002), a fábrica de Henry Ford em *“River Rouge era um fato admirável que atraía gente de todo o mundo para visitá-la, mas não se fez mais fábricas como ela pois se descobriu que era mais eficiente e econômico dispersar unidades produtivas”*. A evolução das técnicas de informação, a partir da micro-eletrônica, vem enfatizar essa constatação e *“indicar a separação dos princípios da primeira fase industrial em que um único produtor comandava o processo integralmente... Surge deste modo, uma nova forma de organização do trabalho conhecida como manufatura modular, que é o processo de montagem de produtos finais a partir de um número predeterminado e intercambiável de módulos”*. (Ventura, 2002).

O conceito de Produção Modular surgiu em outras áreas do conhecimento muito antes da noção de tecnologia de produção. O fato da Matemática (Modularidade) e da construção civil (Coordenação Modular) tratarem destes assuntos, além do uso destes termos na Música e na Acústica, tem induzido a um entendimento enganoso do que entendemos por Produção Modular e, por esse motivo, trataremos explicitamente destes conceitos em outro capítulo.

4. EVOLUÇÃO DAS PROPOSTAS DE INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A produção de um elemento pela repetição da forma para ser usado na construção, teve início na Mesopotâmia quando assírios e caldeus criaram, entre outros utensílios, muito antes de 3000 A.C (pelos registros arqueológicos), um elemento feito manualmente num lugar e depois levado para outro lugar onde se construiria, através de empilhamento (ou no mesmo de sua produção) um espaço para uso cotidiano ou para uso monumental: o tijolo.

Nos dizeres de Gordon Childe, o tijolo *“é apenas um pouco de barro misturado com palha, modelado com uma fôrma de madeira e secado ao sol. Mas a sua invenção tornou possível a construção livre e a arquitetura monumental. Como a cerâmica, o tijolo deu ao homem um meio de expressão livre, que não sofria grandes limitações de forma ou tamanho devido ao material. Podemos escolher livremente como colocaremos nossos tijolos, tal como podemos escolher a forma do pote. Mas o produto pode, agora, ter escala monumental. E, como tal, deixa de ser criação individual, para constituir-se, essencialmente, em produto coletivo de muitas mãos.*

Como no caso da cerâmica, as primeiras construções de tijolos seguiram de perto a forma das estruturas do material antigo. Mesmo assim, ao copiar no tijolo o teto semelhante ao túnel da cabana de juncos, o homem descobre, na Suméria ou Assíria, o princípio do arco verdadeiro, e aplica complicadas leis de tensões e resistências muitos milênios antes de serem elas formuladas.

Incidentalmente, a arquitetura de tijolo trouxe, logo depois, uma contribuição à Matemática aplicada. A pilha de tijolos ilustra, admiravelmente, a fórmula para o volume de um paralelepípedo. Embora os tijolos antigos não fossem jamais cubos, é fácil ver que o número deles, numa pilha, podia ser obtido contando-se os números de três lados adjacentes e multi-

plicando-se essas quantidades entre si". (Childe, 1966)

Embora esses tijolos (ou adobe) fossem fabricados "in loco", não apareceram problemas com dimensões padrões, com transporte ou com adaptação aos locais da construção.

Não podemos dizer que ao inventarem o tijolo, estavam imbuídos de um pensamento industrial, mas certamente, o de criar, através dos recursos naturais disponíveis, novos elementos que lhes permitissem construir seus espaços segundo seus desígnios, suas atividades cooperativas e seus mitos.

A utilização das técnicas industriais como um objetivo explícito de aplicá-las a construção civil tem suas primeiras manifestações nas construções do "Balloon Frame" em Chicago, nas primeiras décadas do séc. XIX, quando George Washington Snow, empresário da madeira, desenvolve uma estrutura (fig 1e2). Trata-se de uma solução construtiva onde não há a tradicional hierarquia de elementos principais e secundários. Todas as edificações eram feitas com peças longas de madeira, todas perfeitamente iguais, colocadas em distancias moduladas e fixos com pregos comuns. Os vãos eram fechados com portas, janelas e tábuas de madeira. Madeiras essas que eram cortadas por máquinas em uma fábrica e vendidas para toda a cidade de Chicago. Segundo Benevolo, nas primeiras décadas de 1800 a maior parte da cidade era construída com esse sistema.

figura 1

figura 2

Este fato é típico do que já vinha ocorrendo na Europa: a mecanização, a criação de novas ferramentas e máquinas, fez surgir novas maneiras de se aproveitar elementos da natureza, como os troncos de árvores que antes eram utilizados por inteiro. (fig. 3)

TIPO DE CASA

TRABAJO FUERA
DE OBRA

TRABAJO EN OBRA

CABAÑA

- Cortar árboles.
- Conformar y preparar troncos.
- Desbastar tablonos para techos, suelos y muebles.

PRIMERAS ESTRUCTURAS
«BALLOON»

- Serrar la madera.
- Producción de herrajes y pintura.
- Muebles de fábrica.

- Corte y preparación de madera para estructura, etc.
- Construcción de ventanas, puertas, escalones, carpintería.
- Yesos.
- Pintura y acabado.

ESTRUCTURA
CONVENCIONAL
DE MADERA

- Serrar la madera.
- Producción de herrajes y pintura.
- Muebles, carpintería, ventanas, puertas, escaleras, tableros de tabique.

- Corte y preparación de madera para estructura y cerramientos.
- Instalación de los elementos prefabricados.
- Pintura y acabado.

CASA POR
COMPONENTES

- Diseño y fabricación de un grupo de componentes de construcción coordinados para estructura, cerramientos, bloques técnicos, ventanas, puertas, divisiones interiores y unidades de almacenaje.

- Montaje de los componentes prefabricados.

«MOBILE HOME»

- Producción completa

figura 3

Exemplo significativo de como o pensamento industrial ocupava as mais diferentes instancias da construção é o que Ducker's Portable Banak and Field Hospital (fig 4, 5 e 6) apresenta em um anúncio em Nova York, em 1886.

figura 4

Através destes desenhos fica evidente a origem do material, a portabilidade (ainda sob tração animal), a facilidade de montagem, a leveza das peças e a qualidade do produto final, formando um abrigo com conforto interno e proteção externa, qualidades necessárias para a função de um hospital de campanha.

Nota-se aqui, a construção de painéis “modulados” leves e vigas que, associados através de encaixes precisos, rapidamente formam um edifício, um abrigo.

Estes são exemplos que, além de utilizar princípios industriais, revelam o nascimento do que viria a ser chamado de sistemas de peças intercambiáveis.

figura 5

figura 6

Ao longo do séc. XIX, no auge da revolução industrial, as profundas transformações tecnológicas econômicas e sociais marcaram sua importante presença na arquitetura, reproduzindo formas clássicas e substituindo antigos materiais pelos novos, pois viabilizavam arrojados tecnológicos nunca antes alcançados.” (Bruna, 1976).

A história da arquitetura e da engenharia é rica em monumentos que retratam a efervescência tecnológica desse período. É no contexto da industrialização que surgem as propostas entendidas como uma organização baseada na repetição ou interação de atividades sem, no entanto, alcançar o pensamento dos que se dedicavam à construção civil (arquitetos e engenheiros).

Segundo Fernandes – Ordóñez, *“é curioso observar como a idéia de industrializar a construção nasce com a revolução industrial para logo não saber incorporar-se a ela e perder assim, a grande oportunidade que se tentava reivindicar.”* (Ordóñez. 1972).

A indústria, embora tenha surgido como um fato irreversível nos fins do séc. XVIII e início do séc. XIX, somente no fim do séc. XIX é que veio ocupar o pensamento e as propostas dos arquitetos. Le Corbusier fez referências, falando de “Casas em Série” num dos capítulos do livro editado em 1923, “Vers une architecture”. Nele, esboçou algumas idéias estimulando a produção de casas, ao mesmo tempo em que fazia críticas ao modo desorganizado com que eram feitas as construções, como vimos anteriormente.

W. Gropius foi quem tratou do assunto de uma maneira mais profunda e lançou as bases e os conceitos do que seria realizado em industrialização da construção até os fins do séc. XX. Em 1924 em uma de suas palestras ao falar sobre indústria de casas pré-fabricadas, faz referência a indus-

trialização da construção defendendo-a daqueles que supunham que ela geraria monotonia e uniformidade na paisagem, tal como eram os conjuntos habitacionais populares na Inglaterra durante a revolução industrial:

“É totalmente errada a afirmativa de que a industrialização habitacional redundará em degenerescência das formas artísticas. Pelo contrário, a uniformização dos elementos construtivos terá como consequência saudável, o caráter harmonioso das novas habitações e bairros. Não se deve recear a monotonia existente nas casas suburbanas inglesas desde que seja cumprida uma exigência básica: só as partes da construção serão tipificadas, os corpos erigidos por meio delas hão de variar e a beleza será garantida por materiais bem trabalhados nesta grande caixa de montagem, um espaço bem plasmado na obra arquitetônica dependerá então do talento criador do arquiteto construtor”.(Gropius, 1972).

Com estes conceitos, “uma pré-fabricação parcial foi realizada em 1926 no conjunto Törten em Dessau, e uma outra tentativa foi realizada no Weissenhof de Stuttgart em 1927, onde duas habitações foram construídas com estrutura metálica e painéis divisórios compostos por um miolo de cortiça e revestimentos de fibrocimento. Em 1931, Gropius desenvolve para Hirsch Kupfer und Messingwerke A. G. uma habitação mínima que podia crescer pela adição de novos componentes, constituídos basicamente por painéis de madeira autoportante, revestidos internamente com placas de fibrocimento e externamente com chapas corrugadas de cobre. Mas no mesmo ano, todo o trabalho de desenvolvimento foi interrompido pela crise econômica e pouco depois, com a ascensão dos nazistas ao poder, a pesquisa foi definitivamente abandonada. As experiências de Gropius prosseguiram nos EUA onde elaborou, associado a K. Waschmann, um sistema de construções que ficou conhecido como “General Panel System”.

Planta da fábrica "GENERAL PANEL SYSTEM" .

“Em 1947, foi montada uma fábrica em Los Angeles que passou a produzir componentes para habitações, totalmente industrializados; não se tratava de construir um certo tipo de casa, mas simplesmente desenvolver o elemento pré-fabricado mais completo, que pudesse ser usado para qualquer tipo de construção, em um ou dois pisos, mediante uma montagem simples no canteiro, com mão-de-obra sem experiência”. (Bruna, 1976).

Walter Gropius em visita a uma obra com uso do sistema de painéis.

Casas geminadas construídas com painéis do sistema de Gropius.

Nestes modelos, Gropius pretendia não apenas apresentar mais uma casa mas mostrar que, através de vários elementos articulados entre si, era possível se conseguir diferentes configurações e tipologias arquitetônicas. Esses elementos tão claramente propostos por Gropius, necessitam ter medidas compatíveis para que se conectem de forma precisa. Os problemas, a partir daí, passam a ser o de organizar as associações entre elementos e de como relacionar todas as variáveis de materiais, conexões, etc. A solução foi criar uma lógica com critérios de associação que se chamou Coordenação Modular e que passou a ser a condição essencial para se industrializar a construção.

A Coordenação Modular adquiriu tal importância para a industrialização da construção que vários estudiosos se dedicaram a desenvolver este tema. Após a segunda guerra, a necessidade de reconstrução da Europa levou, em vários países, à criação de entidades, governamentais ou não, que tinham o objetivo de tirar o melhor partido possível, no plano econômico, da tipificação modular, utilizando elementos normalizados e padronizados para serem usados no maior número possível de edifícios.

Assim surge o “modulor”, uma série de dimensões normalizadas criadas por Le Corbusier e publicada em 1948.

Foi também, após a segunda guerra mundial, que os governos europeus aplicaram em larga escala, as experiências e os estudos que haviam sido elaborados em décadas anteriores.

Os grandes planos de governo voltados para a industrialização da construção motivaram e arregimentaram vários arquitetos, engenheiros e técnicos para trabalhar nos laboratórios de ensaios e pesquisas recém-criados, dando apoio aos empreendimentos, notadamente na construção habitacional e escolar.

Exemplo marcante deste tipo de programa na Inglaterra, o CLASP (Consortium of Local Authority Special Program), é um sistema misto, com uso

de pilares de ferro e grande número de materiais, que contribuiu para o sucesso e eficiência das construções. No entanto o sistema não evolui e não teve continuidade.

Desta época até hoje, muitas experiências vem sendo realizadas com sucesso, e são extensivamente publicadas.

5. CONCEITOS BÁSICOS

Introdução

Esse capítulo se faz necessário pois há uma considerável preocupação e um notável número de pesquisas e proposições no sentido de encontrar soluções para a industrialização da construção.

Industrialização está diretamente associada aos conceitos de organização e produção em série, no entanto, há uma grande confusão entre os termos empregados, gerando uma interpretação errônea de várias propostas que tratam de questões técnicas de usos de materiais, de estabelecimento de tolerâncias, de sistemas abertos ou fechados, etc.. Nos dizeres de P.Bruna (1976) *“No Brasil, onde a literatura técnica sobre o assunto é menor, não tendo sido ainda possível sistematizá-lo de forma satisfatória, o interesse despertado pela industrialização da construção tem levado arquitetos, construtores, industriais e entidades públicas a equívocos conceituais de graves conseqüências. A própria validade da industrialização da construção tem sido questionada a partir de resultados e análises de processos restritos ou de insucessos parciais técnicos e econômicos, sem que tenha sido devidamente esclarecido a escala e os objetivos dessas experiências”*

5.1. A indústria da construção no Brasil

Para que o objetivo deste estudo fique claro, precisamos entender melhor o que chamamos hoje de Indústria da Construção. Este termo, usado em todas as estatísticas sobre mão de obra ativa ou desempregada, faz parte de todas as medições de crescimento da economia e é o centro das ações políticas dos que visam reduzir os impostos para incentivar o crescimento econômico do país.

A Indústria da Construção é um setor da economia constituído por uma

dualidade que bem revela as contradições do capitalismo. De um lado, um conjunto de empresas produz materiais, peças, acessórios, componentes (acabados ou não) que são comercializados isoladamente e se destinam, por outro lado, a serem usados em um canteiro de obra onde acontecem as montagens artesanalmente, isto é, a construção do edifício (casa, apartamentos, escritório, escola, etc.). Este canteiro recebe das indústrias todos os materiais, peças, componentes, etc e executa, com sua própria mão de obra, a montagem dos mesmos, segundo um projeto previamente selecionado, formando o edifício ou o produto final.

O grau de tecnologia contido nestas indústrias, quer sejam extrativas (de cimento e cal), de transformação (ferro) ou de beneficiamento, varia muito de acordo com o tipo de relação que possui com seu cliente.

São consideradas indústrias, independentemente do grau de aprimoramento das tecnologias, organização e condição de suas plantas.

No canteiro há uma excessiva divisão de tarefas que, contrariamente à lógica industrial, não contribui para o bom resultado do produto final. Os fabricantes de materiais de construção e de componentes, os fornecedores de equipamentos e os empreiteiros tendem a aceitar as condições como pré-existentes desde o início de suas atividades e investem a maior parte de seus interesses em maximizar seus lucros dentro desta situação.

Assim são as indústrias de extração e transformação de cimento, cal, areia, pedra, ferro, alumínio, madeira, etc e as de beneficiamento como as de vidro, azulejos, tintas, materiais hidráulicos e elétricos, louças, etc. que apenas obedecem alguns padrões de qualidade e normas técnicas.

É no canteiro da obra que estes produtos da Indústria da Construção vão se encontrar num processo de associação por somatória, através de técnicas artesanais e com mão de obra mal preparada (o chamado “exército de reserva de mão de obra das economias urbanas”).

Esta realidade é tão antiga que em 1923 Le Corbusier em “Por uma arquitetura”. Já fazia referência à ela:

“Cimento e cal, ferros, perfilados, cerâmica, materiais isolantes, canos, utensílios metálicos, produtos impermeáveis etc, etc. Tudo isso, por enquanto, chega desordenadamente nos edifícios em construção, se ajusta neles de improviso, custa uma mão de obra enorme e fornece soluções bastardas. É que os diversos objetos da construção não foram seriados. É que não existindo o estado de espírito, ninguém se entregou ao estudo racional dos objetos e menos ainda ao estudo racional da própria construção”.(Le Corbusier,1977)

A cadeia produtiva de um edifício (casa, apartamento, escritório, etc) na construção convencional termina no canteiro de obra onde a lógica de produção industrial perde sua razão, tal o desperdício de materiais, de mão de obra e de tempo.

Embora um edifício convencional seja o resultado da somatória de um conjunto de componentes fabricados por indústrias, não podemos considerá-lo um produto industrial. Durante a sua construção, não há utilização dos conhecimentos que caracterizam a produção industrial, ou seja, lógica na montagem, coordenação de medidas, otimização de tarefas, utilização precisa de materiais, boas condições de trabalho, etc.

Para entendermos melhor essas afirmações, tomemos como referência a construção de um foguete espacial. Veremos que ele é o resultado de montagem artesanal de componentes com alta precisão dimensional, fabricados por indústrias que utilizam tecnologias avançadíssimas. O foguete não é, apesar da alta tecnologia envolvida, um produto industrial. O mesmo enfoque pode ser adotado ao olharmos para a construção de um edifício de habitação ou de escritório. Evidentemente, sem compararmos os níveis tecnológicos envolvidos, ambos, foguete espacial e edifícios, são produtos únicos de um processo de montagem artesanal e não são produtos industrializados ou em série. Essa definição fica evidenciada pela classificação que o IBGE faz da construção nas pesquisas a respeito da Estrutura Produtiva Empresarial Brasileira, onde a Construção não

aparece como indústria e sim como um setor com características próprias, conforme tabela a seguir.

	Empresas	%	Pessoal Ocupado	%
Agricultura, Pecuária, Silvicultura e Exploração Florestal	2	0,10	38,440	0.20
Indústrias Extrativas	6	0,30	123,152	0.80
Indústria de Transformação	240	14,50	5.698.155	35.00
Construção	40	2,40	977.134	6.00
Produção e Distribuição de Eletricidade, Gás e Água	710	0,04	325.421	2.00
Comércio, Reparação de Veículos Automotores, Objetos Pessoais e Domésticos	919	55,60	4.198.978	25.80
Alojamento e Alimentação	195	11,80	758.993	4.70
Transporte, Armazenagem e Comunicações	50	3,00	1.366.064	8.40
Intermediação Financeira	10	0,60	156.955	1.00
Atividades Imobiliárias, Aluguéis e Serviços às Empresas	112	6,80	1.503.631	9.20
Educação	23	1,40	390.995	2.40
Saúde e Serviços Sociais	28	1,70	459.228	2.80
Outros Serviços Coletivos, Sociais e Pessoais	26	1,60	269.619	1.70
Total Brasil	1.651.423		16.266.765	

Fonte IBGE – Cadastro Central de Empresas – 2004

Resumindo, o que existe nas sociedades capitalistas é uma indústria de materiais e componentes para a construção de um modo geral. A produção dessa indústria obedece, ou não, as normas e padrões dimensionais e de qualidade, de acordo com os interesses do mercado. Elas obedecem à dinâmica da economia de mercado e lançam seus produtos de acordo com as estratégias de “marketing” para explorar as aspirações, imaginários, desejos de ascensão social, etc. dos consumidores de produtos para a construção.

Imitação para atender o gosto do mercado

Imitação para atender o gosto do mercado, sob medida

5.2. Industrializar a construção

Industrializar a construção é aplicar nela, os mesmos métodos, critérios e lógica que são usados nas montagens dos produtos das indústrias de bens de capital ou de bens de consumo, tal como a história os consagrou: **a produção em série.**

Para que a construção se industrialize é necessário que exista demanda para o edifício (produto final da construção), demanda suficiente para justificar os investimentos em planejamento, em programação, em equipamentos, ferramentas e componentes produzidos e dimensionados para que a montagem seja feita com rapidez e precisão, por uma mão de obra treinada e especializada. O principal atributo da produção industrial é sua capacidade de gerar grandes quantidades de produto, com baixo custo e alta qualidade.

Sobre a produção em série na construção vários autores têm se manifestado:

“A industrialização está essencialmente associada aos conceitos de organização e de produção em série, os quais deverão ser entendidos analisando-se de forma mais ampla as relações de produção envolvidas e a mecanização dos meios de produção”. (Bruna, 1976).

Bender, enfatiza que *“el concepto producción en serie se utiliza para describir el método por el cual se fabrican grandes cantidades de un solo artículo estandarizado. Producción en serie no es simplemente producción en cantidad... ni producción mecánica. La producción en serie es la aplicación de los principios de potencia, precisión, economía, método, continuidad y velocidad a un proceso de fabricación”.* (Bender, 1976)

Na tentativa de encontrar um significado aceito internacionalmente para o conceito “industrializar a construção”, Ordóñez (Ordóñez, 1976) compilou as definições, que algumas, de maior importância para a dissertação, vão a seguir:

Atelier d’Urbanisme et d’Architecture – Paris.

“La industrialización de la vivienda no es otra cosa que la mecanización del proyecto de construcción en serie”.

G. Blachère. Director del C.S.T.B.

“Industrialización = Racionalización + Mecanización + Automatización”.

Fernando Cassinello. Arqto.

“Industrializar es poner al servicio de la producción todos los adelantos de la técnica actual”.

Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento.

“Industrialización de la construcción es el empleo de forma racional y mecanizada de materiales, medios de transporte y técnicas constructivas para conseguir una mayor productividad”.

Tihamer Koncz. Dr. Ing.

“Industrialización es una tarea muy amplia que significa que el producto debe ser fabricado y almacenado ignorando por quién va a ser comprado y dónde será utilizado”.

Philippe Madelain, Periodista.

“Industrialización en cualquier sector es el paso de una forma de hacer artesanal, con ayuda de numerosa mano de obra cualificada y de pequeña productividad, de un pequeño número de productos en una extensa gama de modelos, a la fabricación, con ayuda de una mano de obra relativamente poco numerosa, poco cualificada y de alta productividad, de un gran número de productos de una reducida gama de modelos”.

Ricardo Meregaglia, Arqto.

“La industrialización es un hecho organizativo, una mentalidad. Significa transformar la empresa de construcción de mentalidad artesanal en una verdadera industria”.

Joseph Movshin.

“La industrialización es un método productivo, establecido sobre procesos mecanizados y/u organizados, de carácter repetitivo”.

Real Instituto de Arquitectos de Inglaterra.

“Industrialización consiste en un número de actividades coordinadas en los campos: técnico, económico y comercial”.

“La industrialización de la construcción se define como una organización que aplica los mejores métodos y técnicas al proceso integral de la demanda y del diseño, de la fabricación y la construcción”.

Norman Wakefield, Presidente de Rouse-Wates Inc. Columbia.

“La industrialización se define como la integración total del diseño, mar-

keting y montaje en orden a hacer el mejor uso posible de los medios y talentos disponibles”.

Algumas dessas definições são simplificações do conceito e outras reforçam o conceito que caracteriza a produção em série: organização, planejamento, técnicas apropriadas, etc.

Se o conceito de “industrializar a construção” parece claro para diversas entidades no mundo inteiro, responder a algumas questões trariam mais clareza sobre o assunto:

- Qual a demanda que viabiliza a industrializar um edifício?
- Quais os produtos (edifícios) da construção civil que, pela demanda, viabilizariam a sua industrialização?
- Quais segmentos de mercado aceitarão conviver com uma arquitetura industrializada?
- Quem serão os agentes da industrialização da construção?
- Quais estratégias de marketing deverão ser adotadas para promover e conseguir a aceitação destes produtos pelo mercado consumidor, uma vez que o “gosto”, na aquisição de um bem de raiz (no caso, a habitação), tem sido fator determinante para o sucesso de um empreendimento imobiliário?
- Quais as características que deveriam ter esses novos produtos (edifícios) para tornar viável a sua industrialização?

Tentar responde-las pode vir a ser uma tese de doutoramento, mas, aqui, podemos apresentar alguns projetos e algumas obras realizadas que indicariam caminhos a serem seguidos.

As imagens a seguir são alguns exemplos do que o passado pensou para o futuro do designer de habitação ou outros usos. Visam demonstrar qual a tipologia da arquitetura e o que é possível com a produção em série e materiais não convencionais. São projetos visionários naquela época e que hoje já se conhece experiências comerciais, utilizando os “containers” como elemento básico para se construir edifícios comerciais (ver www.gbmodules.com).

1. Nakagin Capsule Building – Projeto Kirsho Kurokawa, 1972.

Neste projeto, realizado em 1972, além de propor uma habitação industrializada, o arquiteto conta com os equipamentos urbanos para complementar as funções de viver numa cidade contemporânea. A habitação não se propõe mínima mas, com sofisticadas soluções de organização das funções internas, ter o tamanho suficiente para se viver em áreas densamente urbanizadas.

Estes módulos ou habitações foram construídas por uma indústria de “containers” e como tal podem ser transportadas para quaisquer lugares via navios, caminhões ou avião.

O custo estimado dessa habitação não é maior que o custo de fabricação, de um carro tipo Corola _ Toyota (Ross, M. Franklin, 1978).

2. LC-30x Leisure Capsule – Projeto Kirsho Kurokawa, 1972.

A cápsula LC-30x é uma evolução da primeira pois, partindo das funções na habitação (sala, dormitório, cozinha e banheiro), ela é composta de três módulos, independentes construtivamente mas que associadas podem formar unidades com mais de um quarto e sala.

3. Casa Kawizawa - projeto de Rirsho Kwokawa, 1974.

A estrutura da casa é representativa das propostas do arquiteto. Acoplado a uma torre estrutural de concreto estão cápsulas em aço CORTEN que poderiam ser construídas e série e com a mesma qualidade técnica e de acabamento que são construídos os automóveis.

Essa proposta foge os padrões comerciais de casa de campo tanto pela aparência externa quanto ao eventual contraste com a natureza.

É um produto que exigiria novas estratégias de marketing, para ser aceito comercialmente.

É importante verificar que o acabamento interno pode ter as mesmas características de uma casa convencional.

Externamente é “High-tech” e internamente aconchegante e com atmosfera doméstica como mercado aceita.

Nestes três projetos de Kirsho Kwokawa é notório a idéia de uma mega estrutura que a ela pode-se agregar diferentes módulos industrializados por diferentes empresas e com diferentes designs, tal qual os automóveis. Essa mega estrutura vertical é adequado as condições geo-populacional do Japão mas, em outras circunstâncias, essa mega estrutura pode vir a ser simplesmente a malha urbana com todos os serviços que ela dispõe (água, luz, telefonia, esgoto, etc)

A proposta de uma estrutura monolítica vertical à qual agrega-se cápsulas habitacionais, industrializadas faz parte de um pensamento de vários arquitetos japoneses que fizeram parte do Grupo Metabolistas, iniciado com a proposta de Kenzo Tange para a cidade de Tóquio em 1961.

4. Mega estrutura Urbana. Projeto Akira Shibuya, 1966.

As propostas urbanísticas dos arquitetos do Grupo Metabolista geraram um conjunto de edifícios construídos no Japão que puderam experimentar novas maneiras de utilizar e de produzir casas, espaços para morar. Essa proposta de Akira, ainda que não tenha sido construída como as cápsulas de Kirsho Kurokawa, preve a produção industrializada de módulos com funções internas e medidas externas diferentes uns dos outros, tal que, associadas tanto horizontalmente quanto verticalmente, formem uma ampla habitação de quatro quartos.

Para Akira, os módulos além de exercerem funções diferentes também deveriam ser suficientemente leves para que pudessem ser transportados e montados nas mega-estruturas através de helicópteros. Propostas nada visionária pois já no seu tempo e tecnologia de aviação viabilizava transporte de casas inteiras.

5. Shinihon Steel Company, 1973.

A linhagem e propostas de industrialização da construção são muito diversas e, desde o começo do séc. XX, dois pensamentos já se anunciavam com diferenças:

o de Frank Lloyd Wright e o da Bauhaus. O primeiro, nas propostas para casas econômicas “usonianas” (1930) cujas plantas rigorosamente moduladas e ancoradas em núcleos de alvenaria que suportam sistemas flexíveis de fechamento em painéis leves. O da Bauhaus, radicalmente oposto, propunham as “células mínimas” estandarizadas passíveis de multiplicação, como fez W. Gropius em sua fábrica nos EUA (Wisnik, Guilherme, 2005).

O desenvolvimento tecnológico e científico do séc. XX aumentou as possibilidades de soluções construtivas e industrializadas tanto de habitações como para outros usos como escolas, hospitais, escritórios, lazer, restaurantes, etc.

Quando Le Corbusier propôs a célula fabricada para Unidade de Habitação em 1947, talvez não imaginasse que, em apenas vinte e seis anos depois, a sua idéia seria uma realidade no outro lado do mundo, no Japão, e realizada pela Shinihon Steel Company. Estas caixas de morar são produzidas em uma indústria, com todas as condições de executar com qualidade e precisão suficiente para garantir que, no local da obra, possa ser deslizado através de um trilho metálico.

6. Teisei Overseas System.

Sistema fechado de elementos pré-fabricado de concreto permite vários arranjos dos blocos através de empilhamento ou acoplamento lateral. A versatilidade do sistema se revela na possibilidade de transporte por estradas, facilidade e estrutura para ser içado por guindastes de pequeno porte.

7. Sekisui House — Projeto Katsuhiko Ohno, 1973.

As experiências de produção em série de habitações são antigas com resultados positivos quanto a qualidade, baixo custo e flexibilidade de mudanças de local, quando pressionado pelas transformações urbanas. Esse projeto de Katsuhiko é de uma casa típica de três quartos que utilizam sete módulos (containers) e podem ser montadas em três horas após construída as fundações.

Os módulos são construídos em uma fábrica e seguem a lógica da linha de montagem, ainda fordista, e tem a capacidade de produzir um módulo a cada cinco minutos.

5.3. Coordenação Modular

Introdução

A palavra **módulo** e suas derivadas vêm sendo usadas para denominar novas teorias sobre técnicas de fabricação de bens de consumo, sendo que estudos têm sido publicados com o nome de Modularidade, Fabricação Modular e Produção Modular.

Essas denominações, dadas às novas técnicas e processos de fabricação, nos remetem a conhecimentos desenvolvidos no séc. passado para auxiliar o projeto de edifícios a serem construídos com técnicas industriais e para organizar dimensionalmente os componentes utilizados na construção: a “Coordenação Modular”.

Para melhor compreender essas teorias, evitar confusões e falsas interpretações, vamos explicar neste capítulo, as transformações sofridas pela palavra “módulo” ao longo do tempo.

Origens

A palavra “módulo” surgiu nos tempos da antiga Grécia e, muito mais do que medidas estéticas para se fazer arquitetura, modulação era a formulação e a materialização de uma visão de mundo e de uma explicação do universo.

O tecnicismo do qual aparentemente se reveste essa formulação, nos faz deixar de lado todos os conceitos primitivos que, na visão dos gregos, o ser humano tem da beleza. Esses conceitos primitivos, segundo Platão, foram criados por números que formulam e equilibram o universo. O número foi a primeira criação e nele se fundamentou todo o resto. A im-

portância dos números para a beleza era tal que a modulação nada mais era do que uma forma de estabelecer relações com os números, fazendo surgir, a partir delas, definições como razão, proporção, divina proporção, proporção harmônica, simetria, harmonia, euritmia etc.

Todas essas definições eram expressões ou fórmulas matemáticas e tinham, certamente naquele tempo, a mesma magia que tinham, para o homem da caverna, os desenhos que faziam nas paredes representando seus inimigos e os animais de suas caças.

Não nos deteremos a explicar todas essas fórmulas, mas uma delas se refere ao assunto deste nosso trabalho e nos é significativamente importante: a comensurabilidade. Para os gregos, a comensurabilidade é o conhecimento que trata das relações dos elementos entre si e com o todo através de um “protótipo” chamado **módulo**. Se um edifício tem um módulo e este define todas as medidas do edifício, então ele é comensurável. Ou seja, ele tem nas suas dimensões aquilo que os gregos entendiam como belo, ou seja, uma ordem interna com a mesma lógica do universo, os números. Toda obra da cultura grega antiga tinha uma lei de formação baseada nos números.

Os gregos também entendiam que nossa mente e nosso mundo psíquico se orienta e age através de elementos e inter-relações, facilitando a leitura de qualquer obra que tenha comensurabilidade. O módulo, portanto, não é simplesmente uma unidade de medida, mas principalmente a busca do belo como reflexo da unidade existente no universo.

A intenção dos gregos ao modular suas obras era o de encontrar a proporção em harmonia com os números e com o universo.

Ordoñez (1974), num extenso capítulo sobre modulação, apresenta as diversas interpretações que as proporções das edificações tiveram em vários períodos, indo da Grécia e Roma, passando pelo gótico, renascimento e concluindo que após este último e até os fins do séc. XIX, pouco ou nada se criou em relação ao termo. Neste período, a modulação foi utilizada em desenhos arquitetônicos e na ordenação do espaço

arquitetônico, sempre pensando em resolver cada obra isoladamente.

Nunca foi utilizada com a intenção da repetição da mesma obra e menos ainda, de sua produção industrial. A partir do séc. XIX, a Divisão Áurea tomou novo impulso, principalmente ao se relacionar com a série Fibonacci e a Teoria dos Números.

Atualmente, a palavra “módulo” e suas derivadas têm sido usadas para dar nome a produtos acabados compostos de partes iguais, sem nenhum critério dimensional ou estético. A razão deste abusado emprego foi a popularização que o termo recebeu. O homem da rua se familiarizou com o vocábulo módulo e o utiliza, cada vez, com maior frequência sem se dar conta que este emprego pode ter um sentido equivocado. Fala-se de projeto modular para móveis (estantes moduladas, janelas moduladas), em modulação para edifícios e até em calor modular. Não há nessas interpretações nenhuma relação com as origens do termo e nem com a intenção de estabelecer medidas, como fazem os japoneses ao dimensionar suas casas em função do módulo – objeto tatami.

Segundo o Prof. Teodoro Rosso (1908), os gregos criaram o módulo – forma, Le Corbusier criou o módulo – função, ou “modulor”; e os japoneses, o tatami que é um módulo – objeto.

Ao longo do tempo e da história, a palavra módulo teve várias interpretações importantes para o pensamento da Arquitetura e para as teorias estéticas. No entanto, para o nosso objetivo de entender a evolução da industrialização, a que mais nos interessa é a “coordenação dimensional” que foi criada com a intenção de se industrializar a construção. Os conceitos de módulo e modulação foram se adaptando às novas necessidades, aos novos materiais, às novas tecnologias e às novas visões que o ser humano tem do universo.

A “coordenação modular”, nos dizeres de T. Rosso, tem o objetivo explícito e claro de estabelecer e ordenar as dimensões dos diferentes elementos (ou partes) necessários para a construção de um determinado tipo de edifício, sem necessidade de retoques ou recortes no canteiro de obra.

Ordenar as dimensões entendendo que estes diferentes elementos estarão se interligando solidamente até formar o edifício. Estaremos então, ao tratar da ordenação modular, organizando também, os elementos de ligação das partes.

Um conjunto de ações para ordenar a construção visa não só facilitar a montagem destas peças no canteiro de obra, mas também, ou principalmente, diminuir os custos gerais de fabricação e transporte das mesmas e da construção, como um todo.

A “coordenação modular”, num certo momento da história da arquitetura e da construção, passou a ser a base universal para os projetos de edifícios com sistema de construção industrializado.

A indústria trouxe uma nova interpretação para aquilo que os gregos chamavam de “módulo” ou “modular”. Estes novos conceitos tiveram início na “Weissenhof” de Stuttgart (1927) e na “casa ampliável” (1932), ambas de Walter Gropius.

Atualmente, a “Coordenação Modular”, embora válida, vem sendo substituída por uma nova teoria para industrialização dos bens de consumo que ainda não tem uma influência ou aplicação clara e direta na indústria da construção civil.

Essa nova teoria fica subentendida no termo “Produção Modular” ou “Manufatura Modular” ou ainda, “Modularidade”.

Os conceitos da “Produção Modular” são originários da evolução tecnológica dos computadores. A palavra “módulo”, no universo da computação, tem um significado completamente diferente dos anteriormente apresentados e é resultado da evolução lógica dos processos de pensar e conceber o “hardware” e o “software” da informática.

Esses novos conceitos não têm **as medidas** dos componentes como parâmetro, mas a possibilidade de inter-relacionar **suas performances e a lógica da sua produção**.

São conceitos ainda em estudo para implantação e sistematização na área da construção civil, embora já bem desenvolvidos em outros setores industriais.

A Coordenação Modular

É uma teoria desenvolvida durante o séc. XX que, em síntese, *“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 à qualidade, desempenho e racionalização”*. (T. Rosso, 1990).

A “Coordenação Modular” surgiu, por um lado, da necessidade objetiva de se economizar materiais e peças, tanto no momento de produção dos componentes quanto no momento de montagem na obra. Por outro lado, como uma tentativa de aplicar o método industrial na construção valendo-se das propostas teóricas surgida entre os arquitetos W. Gropius e Le Corbusier, quais sejam, de se produzir *“componentes feitos dos mais diversos materiais que possuam as características básicas de um sistema aberto, ou em outras palavras, que tais peças sejam SUBSTITUÍVEIS (possam ser substituídas por outras de diferentes origens), INTERCAMBIÁVEIS (possam ocupar diferentes posições dentro de uma mesma obra), COMBINÁVEIS (possam ser combinadas entre si formando conjuntos maiores, ou seja, aditividade dos termos) e PERMUTÁVEIS (que possam ser trocadas por uma peça maior ou por um conjunto de peças menores)”*. (P. Bruna, 1976).

Partindo destes pressupostos, as questões se voltaram para como estabelecer a união dos diferentes componentes ou, como resolver as relações e as interfaces entre estes componentes que poderiam ser fabricados com diferentes materiais e por diferentes fabricantes.

As INTERFACES e as dimensões dos módulos passam a ser objeto de estudo no mundo inteiro conforme demonstra esta breve relação a seguir:

1930 – Alfred Berner, Industrial norte americano inicia estudos sobre “método modular cúbico”.

1936 – Alfred Berner, “The evolving house” – EUA

1938 – ASA, American Standard Association, inicia estudos sobre coordenação e dimensionamento dos componentes que serão usados na construção.

1942 – AFNOR, Associação Francesa de Normalização, inicia estudos semelhantes aos empreendidos pela ASA.

- Ernest Neufertn na Alemanha, realiza estudos baseado no módulo 12.5.

1946 – “A 62 Guide for Modular Coordination de Myron W. Adams e Prentice Bradly, USA.

- Bergwall e Dahlberg publica “Raport on Modular Coordination”, em Estocolmo.

1947 – a “Building Divisional Concil” cria uma comissão para estudar uma proposta feita pela International Standards Organization, ISO.

1949 – A primeira Norma Oficial sobre Coordenação Modular surge na Itália.

1951 – é publicado o British Standard 1708, Modular Coordination.

1953 – a Agencia Européia de Produtividade organizou um plano.

1958 – é publicado o primeiro anteprojeto de recomendação ISO, Regras Gerais.

Salas Serrano destaca os principais objetivos da coordenação modular, segundo o grupo “Stichting Architecten Research”, da Holanda :

- Facilitar a cooperação entre projetistas, fabricantes, distribuidores e promotores.
- Permitir o emprego de componentes “Standards” (padrões) na

construção de diferentes tipos de edifícios.

- Simplificar a preparação de projetos, possibilitando determinar as dimensões de cada componente do edifício e sua posição em relação aos outros componentes e em relação ao edifício como um todo.
- Otimizar o número de dimensões padronizadas dos componentes.
- Permitir a intercambiabilidade dos componentes, independentemente do material, forma ou método de fabricação.
- Simplificar os trabalhos “in situ” mediante a racionalização da colocação e união dos componentes, reduzindo ao mínimo os ajustes, retoques e tempo de montagem.
- Assegurar uma coordenação dimensional entre instalações, unidades e equipamentos complementares com o resto do edifício.

Esses objetivos podem ser resumidos numa única meta: industrializar a construção.

“Esta meta resulta de uma racional aplicação de recurso para eliminação dos desperdícios e aumento da eficiência dos fatores de produção, mão de obra e equipamento”. (T. Rosso, 1976).

A base e o elemento mais importantes da teoria da Coordenação Modular é o MÓDULO e suas INTERFACES. Um conjunto de regras e leis de associação é desenvolvido para orientar os fabricantes de componentes para construção.

A coordenação modular não estabelece o local de cada componentes nos espaços construídos do edifício, pois eles podem estar em qualquer lugar desde que atenda a um projeto geométrico dimensional. Não interessa quais as funções para quem eles formarão os espaços A única preocupação da coordenação modular é ordenar as relações das dimensões entre os vários elementos ou componentes que serão montados no canteiro até a conclusão do edifício. A coordenação modular é uma ferramenta exclu-

sivamente para auxiliar a produção do projeto, para auxiliar o processo de produção do edifício, facilitando o acoplamento dos componentes.

Embora a coordenação modular tenha criado o módulo-função, módulo-forma e módulo-objeto, estas definições só se referem aos elementos ou componentes para a construção.

5.4. A Modularidade ou Produção Modular

Introdução

A bibliografia específica encontrada sobre Modularidade tem uma preocupação com os problemas produtivos e poucos tratam da teoria, do significado dos termos e das origens. Também neste capítulo o estudo da modularidade se baseou em Peter O'Grady que tratou do assunto de uma forma didática, facilitando o conhecimento e o entendimento desse assunto.

O Caso Brasileiro

Para melhor entender esta situação e buscar caminhos para sua evolução, vamos fazer comparações usando o automóvel como referência, já que é um dos mais significativos produtos da sociedade de consumo e da produção industrial.

A “fabricação modular”, processo mais avançado para a produção de automóveis no mundo e no Brasil, é utilizada nas fábricas de caminhões Volkswagen, em Resende, e na fábrica dos carros Golf, em São José dos Pinhais. Nesta última, foi instalado o sistema de moldagem no canteiro, conhecido como “Tilt-up” e citado anteriormente nesta dissertação, em edifícios cuja autoria é do orientando.

VOLSKWAGEN

Catálogo Volkswagen

A Volkswagen possui uma das mais modernas fábricas de caminhões e ônibus do mundo, certificada segundo as normas ISO TS e ISO 14000. Um investimento de US\$ 250 milhões: **o Consórcio Modular, que traz para dentro da fábrica os principais fornecedores para a montagem de veículos.** Quase dez anos após sua inauguração, a nova unidade bate recordes de produção, ultrapassando a marca dos 100 mil caminhões e ônibus produzidos - outros 1.500 foram montados na fábrica provisória entre 1995 e 1996. A capacidade técnica atual é de até 57,6 mil veículos/ano.

Com sua linha de montagem construída em apenas 153 dias, a nova fábrica está na cidade de Resende, a 150 km do Rio de Janeiro e 250 km de São Paulo. Ocupa uma área de 1 milhão de metros quadrados, com 110 mil metros quadrados de prédios. Hoje, 3.045 pessoas trabalham ali. Noventa e dois por cento dos funcionários são da região. A produção diária é de 145 veículos dividida em dois turnos de trabalho. A implantação do segundo turno em outubro de 2005 gerou 400 novas vagas no total.

A empresa oferece ao mercado doméstico uma linha completa de produtos, com quinze modelos de caminhões com motorização eletrônica e oito modelos mecânicos, de 5 a 45 toneladas. Este ano, a linha de chassis para ônibus conta com 9 modelos que também são exportados para 30 países, entre eles Argentina, Chile, Uruguai, Bolívia, Colômbia, Venezuela, Paraguai, Equador, República Dominicana, Costa do Marfim, Nigéria e Arábia Saudita.

A Volkswagen selecionou sete parceiros para a montagem de conjuntos completos (kits): Maxion (montagem do chassi), Arvin Meritor (eixos e suspensão), Remon (rodas e pneus), Powertrain (motores), AKC e Delga (armação da cabina), Carese (pintura) e Siemens-VDO (tapeçaria).

Cabe à Volkswagen o controle de qualidade e o desenvolvimento do produto, tendo sempre como objetivo a satisfação do cliente. **O Consórcio Modular busca redução nos custos de produção, investimento, estoques e tempo de produção. E confere maior qualidade ao produto final.**

Os parceiros não participam do lucro final dos produtos: continuam sendo fornecedores, só que agora também montam as peças que vendem. Na fábrica, compartilham com a Volkswagen a infra-estrutura, inclusive restaurante e ambulatório.

A montagem de chassis utiliza esteiras mecânicas, pontes rolantes e talhas, que poupam esforço ao montador e aumentam a produtividade. **A linha de montagem é a primeira a ser climatizada no Brasil.**

A unidade está ligada a todo o mundo via fibra ótica, graças a um PABX virtual de 800 ramais e à transmissão rápida de dados. **Cinquenta e dois sistemas de informática são utilizados em Resende, inclusive no**

chão da fábrica. Os montadores acessam terminais touch screen (toque de tela) instalados nos módulos para controlar a montagem dos caminhões e ônibus Volkswagen.

Localizada a 30 quilômetros do mais antigo parque nacional do país, a Volkswagen Caminhões e Ônibus respeita o meio ambiente. Ela obedece a normas técnicas rigorosas para tratamento de efluentes sólidos, líquidos e gasosos e recuperação de áreas degradadas.

O prédio de manufatura (Assembly) não tem fontes poluidoras. No prédio de pintura, uma estação de tratamento de efluentes com tanques e filtros garante que a água despejada no rio seja inteiramente potável. Nas áreas de pré-tratamento, E-Coat (pintura por eletrodeposição) e Sealers (vedações), há a pós-queima dos efluentes gasosos. Os resíduos domésticos passam por processo biológico, e somente água com PH neutro chega ao rio.

Além disso, desde 2003 investe em pesquisas e testes com combustíveis alternativos, como o Biodiesel, sendo a primeira empresa a iniciar testes com o chamado combustível ecológico.

O texto em negrito é observação do orientando.

Nestas duas cidades, foram construídos parques industriais para atender especificamente, a esse novo conceito de fabricação. A detentora da marca ocupa o edifício central onde é feita a montagem dos conjuntos mais complexos (módulos) tais como: montagem do chassi, eixos de suspensão, rodas e pneus, motores, armação da cabine, pintura, sistema de freios e tapeçaria. Estes módulos, por suas vezes, são fabricados por empresas especializadas que têm suas instalações em edifícios anexos ao da montadora. Essas empresas são rigorosamente selecionadas pelos

itens de cumprimento dos prazos de atendimento, qualidade das peças e, principalmente, capacidade de criar ou absorver inovação tecnológica. Nessa distribuição espacial, a montadora passa a controlar todo o processo de fabricação através de uma programação informatizada da produção que é estabelecida às empresas contratadas.

Assim, com um conjunto perfeitamente organizado, planejado e com as interfaces entre módulos precisamente dimensionadas, as montadoras conseguem produzir, ao mesmo tempo, vários tipos ou modelos de automóvel numa única linha de montagem, graças a uma programação informatizada.

Para o perfeito funcionamento deste sistema de produção, os veículos são adequadamente concebidos, em todos os seus pormenores, para atender tanto às necessidades das exigências mercadológicas quanto às da fabricação modular. A concepção global dos veículos e dos módulos devem ter precisão micrométrica nas suas interligações para que o sistema de montagem ocorra com perfeição e rapidez.

A fabricação modular trouxe à industrialização, um novo tipo de relacionamento entre os fabricantes de peças e acessórios, caracterizada pela parceria que, de certa maneira, garante a todos o direito de todos receberem o lucro pelo seus investimentos.

A fabricação modular permitiu às indústrias (tanto os fornecedores quanto a montadora) reduzir seus custos, reduzir o tempo de fabricação e aumentar a qualidade do produto, devido às exigências do sistema e necessidade de confiabilidade entre os parceiros.

A diferença entre a fabricação modular de automóveis e a construção de edifícios, parece residir na qualidade, tecnologia e na precisão da montagem e na fabricação dos diferentes elementos que compõem os objetos.

Os automóveis, embora não sejam modulados, segundo o entendimento

que a arquitetura dá a este termo, são produzidos modularmente, ou seja, têm os seus vários componentes fabricados com absoluta precisão e programados para serem fixados em perfeita coordenação uns com os outros numa plataforma. A plataforma é uma estrutura metálica básica que é levado pela linha de montagem e nela são acoplados os diferentes componentes de cada tipo de carro, com diferentes performances e diferentes acabamentos. Diferentes tipos de carros, como Bora, Golf e Polo, são montados sobre uma mesma plataforma.

Na construção civil, ainda que no passado se tenha falado em “Coordenação Modular”, os componentes produzidos pelas indústrias da construção não podem ser montados modularmente, muito pelo contrário, a construção ainda se faz pela adaptação (cortes, retoques, etc) e ligação dos elementos entre si de forma artesanal, com poucos dispositivos, com pouca produtividade e muito desperdício de materiais (estima-se em 30%, o desperdício de materiais em edifícios de apartamento).

Resta-nos questionar e investigar porque e quais os fatores que, até hoje, não permitiram que a construção civil se desenvolvesse com o mesmo grau tecnológico.

A Modularidade

A Modularidade é um conceito amplo que não se limita à produção industrial, muito ao contrário, chegou até ela vindo do desenvolvimento da microeletrônica que produziu, durante muitos anos, produtos e subprodutos para o mercado consumidor cuja qualidade e desempenho eletrônico não era importante. Interessava, nestes lançamentos, como essas novas funções poderiam ser desempenhadas eletronicamente (Ventura,2002) Mas aplicada à produção é um conceito novo e pode ser encontrado em campos complementares entre si:

- no processo de fabricação do produto
- na concepção do produto final.

Os princípios de formação e estruturação são os mesmos em ambos os campos. Sendo assim, vamos falar sobre Modularidade sem especificar o campo.

Objetivos da Modularidade

Os principais benefícios ao se introduzir a Modularidade na produção industrial segundo Peter O'Grady, são:

1. Torná-la capaz de atender, com rapidez e constante atualização, as demandas dos consumidores;
2. Aumentar a competitividade no mercado através de;
 - 2.1. Diminuição do tempo de desenvolvimento de novos produtos;
 - 2.2. Redução de custos;
 - 2.3. Diminuição de capital para investimento;
 - 2.4. Diminuição de impostos.
3. Aumentar a variedade de produtos. A V.W. Caminhões tem 23 modelos de caminhões para atender as necessidades de todo tipo de cliente;
4. Aumentar a flexibilidade na estratégia de venda;
5. Conseguir economia na escala;
6. Reduzir tarefas;
7. Reduzir o custo do capital;
8. Aumentar a viabilidade de um produto etc;
9. Facilidade de elevar o produto;
10. Facilidade de manutenção do produto;
11. Facilidade de conserto do produto;
12. Rápida evolução do produto;
13. Simplicidade de controle;

Muitas empresas têm adotado a Modularidade, todas com sucesso e pertencem a setores diferentes tais como: montadoras de automóveis (Ford e Chrysler), empresas de software (como Microsoft e Sun Micro System) e

do setor financeiro.

Todos os exemplos são de grandes empresas, no entanto, não há citações de empresas no setor de construção civil.

Exemplo de empresa que adotou a modularidade mais próximo ao Brasil é a Ford na Bahia. Nesta nova fábrica com modularidade, a Ford reduziu em 90% o número de fornecedores de peças, em comparação com as fábricas convencionais. Os fornecedores irão produzir as peças (módulos) em sub fábricas alocadas no entorno da fábrica de montagem da Ford, reduzindo custos de transporte, impostos (ICM), controles contábeis e custos de espaços para estoque de produtos.

Definição

Segundo Peter O'Grady, a modularidade é baseada na montagem de produtos a partir de um número pré-determinado de diferentes módulos que devem ter certas características, necessárias para o bom funcionamento do conjunto (o produto). As associações destes diferentes módulos, dentro de certas regras, é o que possibilita a construção de uma família de produtos suficientemente diferentes para atender às diferentes demandas. Pois, a associação e a conexão dos diferentes módulos entre si podem resultar numa grande variedade de produtos de uma mesma família, para atender e dar resposta a uma necessidade que o mercado tem de produtos diversificados e com tecnologias avançadas.

Já, para a arquitetura, a interpretação é diferente. O módulo é uma parte do produto que, pela sua natureza, deve ser produzido por uma empresa especializada que tenha a capacidade de desenvolvê-lo e aprimorá-lo, tanto conceitualmente como tecnicamente. Ao mesmo tempo, o produto resultante deste processo deve se conectar com precisão absoluta aos outros módulos da mesma família de produtos.

A precisão das interfaces para conexão dos módulos é fundamental para a existência da Modularidade.

Peter O'Grady cita como exemplo, a produção do carro Smart, montado na cidade de Hambach, França, quando sete sub-fábricas alimentam a montagem com módulos que são incorporados a um chassis (módulo integrador). O chassis passa pela sub-fábrica Krupp – Hoesch e recebe o motor, vai depois para outras sub-fábricas onde outros módulos como lataria, painéis, estofamentos, etc são adicionados. O resultado final é um carro produzido em quatro horas (total do tempo de produção das peças até produto final) quando, no sistema convencional gastaria vinte horas. Como vemos o conceito de módulo, no contexto da modularidade, tem novo significado, nova gênese e nova dinâmica funcional e construtiva.

Atributos da Modularidade

A Modularidade pressupõe uma arquitetura que estabelece as formas de conexão e as funções de cada módulo, ao mesmo tempo que dá uma estrutura para a família de produtos. As INTERFACES são os elementos de ligação entre os diferentes módulos. Essas interfaces não são, necessariamente, iguais para o conjunto dos módulos, pois cada módulo tem sua particularidade que é definida pelas leis de formação da arquitetura do produto.

Segundo suas particularidades, os módulos podem ser classificados em três tipos:

1. módulo integrador
2. módulo provedor
3. módulo integrador – provedor

De maneira geral, o módulo integrador recebe os módulos provedores e determina a arquitetura da família de produtos.

O conceito de modularidade se aplica tanto aos produtos físicos (hardware) como aos produtos de lógica e programação (software). Um exemplo típico citado por Peter O'Grady é o programa Windows SE, da

Microsoft, que opera com vários módulos provedores, todos unidos pelo ambiente Windows.

A evolução da ciência e tecnologia nos levou a aplicar o conceito de Modularidade na fabricação de produtos que são, ao mesmo tempo, constituídos de módulos físicos e módulos programas, como, por exemplo, o telefone celular.

Celular é ao mesmo tempo um módulo físico e módulo programa

Característica dos Módulos

O módulo é uma peça sem fórmula e sem medidas definidas e a sua performance está sempre sujeita à mudanças decorrentes da própria exigência de sua gênese, qual seja, a de poder evoluir internamente, desde que mantenha a conectividade com os outros módulos. Cada módulo tem funcionamento próprio que se relaciona ou não com o funcionamento de outros módulos, mas necessariamente se relaciona com o módulo

integrador.

O fato de cada módulo poder ser desenvolvido independentemente dos outros, desde que mantida a conectividade, gera, como consequência, uma descentralização do processo industrial. Descentralização esta, que passa pelas tomadas de decisões, pelos diferentes níveis de gestão, chegando até à localização dos espaços físicos, contrariamente ao que ocorria nas origens da industrialização, no séc. XIX e com o Fordismo. Para melhor entender as características dos módulos, um exemplo pode nos ajudar. Um microcomputador é composto da CPU, que é seu módulo integrador, e dos seus periféricos, os módulos provedores, como a impressora, o “scanner”, o leitor de CD, o leitor de DVD, os modems, etc, que, por sua vez, têm performances diferentes de acordo com a eficiência das empresas que os fabricam. O avanço tecnológico dos microcomputadores se mede pelo grau de aprimoramento tecnológico de cada módulo e pela capacidade de sua arquitetura em acompanhar a evolução dos módulos.

Esta descentralização do processo industrial é a característica mais marcante da Modularidade.

Arquitetura Modular

No Brasil a Modularidade na Arquitetura está sendo pesquisada e proposta por Alessandro Ventura na construção de escolas. As informações que podemos obter do seu trabalho são valiosas e bastante esclarecedora sobre o tema embora o projeto das escolas ainda esteja em andamento. Nos EUA a construção modular cresce em número e atinge novos campos além das “mobile-homes”. Um Instituto de Construção Modular foi criado para dar apoio estabelecer intercambio entre as varias empresas que estão investindo neste segmento da construção civil. São construções de todos os tipos e para certificar se os conceitos que estão embasando estas construções são os mesmos que os aplicados nas indústrias , seria

necessário um contato mais direto com essas empresas , o que não foi possível via Internet.

A seguir alguns exemplos obtidos via Internet no “site “ do Instituto de Construção Modular, com sede em Virginia,EUA

Transporte de um módulo habitacional.

Escritório no Hawai.construído com estrutura de container.

Escritório de engenharia em Boston.

Escola elementar.

Exposição de vários tipos de habitação (não são mobile-home) em St.Paul,Minnesota, EUA.

Sala de aula de Informática na Flórida, EUA.

Escola na Flórida,EUA.

Steel Charter School- construída em 180 dias, EUA.

Dormitórios da Universidade de Yale construída em 4 dias, EUA.

6. CONCLUSÕES

Ao fim desta pesquisa, a visão geral que se pode ter da evolução da industrialização da construção civil, foi a imagem de um objeto que nasceu, cresceu, mas não ganhou maturidade. Não ultrapassou os limites das experiências bem sucedidas, quando em pequena escala, e fracassadas, quando se propôs solucionar os déficits habitacionais. Pareceu-nos que a solução para a habitação industrializada não pertence não está no âmbito da tecnologia, como já havia observado Vilanova Artigas, em 1924:

“...a casa popular foi reconsiderada, glosada, estudada por todos os arquitetos, sob todos os aspectos possíveis e imagináveis, em todos os países. Foi promovida a “pedra angular de uma civilização”.

Se era rara, faltava para muitos a causa, os arquitetos se incumbiram de procurar em outros lugares, não na natureza do regime capitalista. Afirmaram que era possível construir em larga escala, em números astronômicos. Bastava produzir em série. O essencial era remover os obstáculos, os preconceitos estéticos que atrapalhavam...” (Vilanova, 1999).

Um pouco mais tarde, em 1938, Gropius também constatou a perda de entusiasmo com a pré fabricação entre os que tentaram algumas propostas. Reconheceu que essa tarefa era tão grande que *“jamais poderia levar a cabo por uma só cabeça ou uma só firma, como Ford conseguiu fazer na indústria automobilística”*. Não com as mesmas palavras de Artigas, Gropius reconheceu que para implantá-la os problemas *“tinham raízes tão fundas em nossa estrutura econômica que só é possível dominá-lo mediante um ataque simultâneo em todos os setores correspondentes”* (Gropius, 1972), mesmo tendo participado de uma indústria de painéis de concreto para construção de habitações geminadas, o que revela sua esperança e disposição em enfrentar a estrutura econômica..

Em vários momentos da pesquisa percebe-se o gradativo abandono do ideário Fordista de se produzir em série certos tipos de edifícios, princi-

palmente a habitação. A Coordenação Modular, como podemos chamar o esforço teórico internacional que pretendeu estabelecer normas e leis matemáticas para a fabricação de componentes para a construção, somente em novembro de 1953 deu os primeiros passos no sentido de unificar as experiências isoladas que aconteciam no mundo. E, no início da década de 60, ela já se anunciava como não tendo atingido o objetivo de se tornar uma ferramenta para impulsionar a industrialização da Construção, conforme observou Salas Serrano:

“ A utopia de um módulo-base único foi abandonada e aceito a elaboração de um conjunto de regras de coordenação específica por sub-setores: edifícios para indústrias, escolas, residências. (Salas , 1992).

Também T. Rosso (1976) falou sobre o fracasso das propostas contidas nas teorias da Coordenação Modular de uma forma mais amena, dizendo que ela “não chegou à fase de estabilização de seus princípios”.

Ordóñez também destaca que *“és curioso apreciar como la idea de se industrializar la construcción nace com la revolución industrial, para luego no saber incorporarse a ella y perder así la gran oportunidad que desde entonces se intenta reivindicar”*. (Ordóñez,1976).

Mesmo após esses fracassos internacionais da Coordenação Modular as propostas continuaram em todo o mundo.

As experiências dos arquitetos japoneses do Grupo Metabolistas, mostrados num capítulo anterior, são provas concretas de que é possível, no âmbito da tecnologia e do conhecimento, construir uma arquitetura industrializada, com qualidade plástica e adequação aos hábitos de morar ou outro uso qualquer como escolas, hospitais, escritórios, restaurantes etc. Todavia são poucas as que evoluíram para se tornarem produtos industriais ou permaneceram no tempo.

Estes fatos talvez nos levasse a fazer novas interpretações sobre o tema e reconsiderar o conceito de industrializar, como bem disse Bender, *“o mais importante da produção em série não é somente a produção de grandes quantidades mas a aplicação dos princípios de potência, pre-*

cisão, economia de insumos, metodologia, planejamento e velocidade no processo de construção, podemos então concluir que a construção, pode estar sendo industrializada mesmo que não esteja sendo produzida em série". (Bender, R, 1976).

Se o conceito de produção em série, vindo da indústria, não foi suficiente para mobilizar e atrair os investimentos capitalista, o espírito de revisão de antigos conceitos de industrialização da construção, mais do que nunca, merece estar presente entre todos os que se preocupam em encontrar e propor, para a construção civil e para a arquitetura, soluções condizentes com a era da informática e da comunicação instantânea.

A Modularidade como um conceito mais amplo, vindo da Matemática e da evolução da Informática e com *"características excepcionais extrapola o seu meio original em ritmo acelerado, penetra outras áreas sociais, produtivas ou não, influencia tecnologias em outras esferas e cria produtos antes desconhecidos ou mesmo insuspeitos"* (Ventura, 2002), pode vir a ser um novo paradigma para se pensar a industrialização da construção e da arquitetura .

Nos EUA a construção modular cresce em número e atinge novos campos além das *"mobile-homes"*. Fabricas, escritórios, habitações, hidroelétrica são os tipos de construção modular executada *" off-site"* , em todo o mundo e citadas por Ventura em sua Livre Docência.

A Modularidade na arquitetura ainda é um conhecimento embrionário, pouco explorado mundialmente e quase nulo no Brasil. Não podemos dizer que ele é o futuro no campo da arquitetura industrializada mas aprofundar o conhecimento e as investigações na sua direção é uma tarefa a ser empreendida pelos arquitetos.

BIBLIOGRAFIA

- Barbugian, Ercio. Tese de doutoramento apresentada à FAU-USP, 2005.
- Bruna, Paulo J.V.. Arquitetura, industrialização e desenvolvimento. São Paulo: Editora Perspectiva, 1976
- Castells, Manuel. A Sociedade em rede. 2a ed. São Paulo: Editora Paz e Terra Ltda, 1999.
- Childe, V. Gordon. O que aconteceu na História. Rio de Janeiro: Zahas Editores, 1966.
- Gama, Ruy. História da Técnica no Brasil. Colonial, cap. 2. In História da Técnica e da Tecnologia no Brasil Milton Vargas org. Edit. UNESP, São Paulo, 1994.
- Gama, Ruy. A tecnologia e o trabalho na história. São Paulo, Nobel. Edusp, 1986.
- Gropius, Walter. Bauhaus: nova arquitetura. Editora Perspectiva, São Paulo, 1972.
- Henderson, W.O.. The industrialization of Europe; Thames Hudson.
- Ordóñez, José M.F.. Prefabricación - teoría e práctica. Editores Técnicos Asociados, s.a., Barcelona, 1974
- O'Grady, Peter. The age of modularity: Using the new world of modular products to revolutionize your corporation. Nova York: Adams and Steele Publishers, 1999.
- Prouvé, Jean , l'idée constructive, in Dominique Clayssen, Dunod, 1983
- Ross, Michael Franklin, Beyond Metabolism: the new Japanese architecture, Architectural Record Books, 1978
- Rosso, Teodoro / Teoria e Prática da Coordenação Modular – FAU-USP, 1976
- Vargas, Milton. Para uma filosofia da Tecnologia. São Paulo, Alfa Omega. 1994
- Ventura, Alessandro. Produção Seriada e Projeto Arquitetônico: o exem-

plo da escola secundária. São Paulo: FAUUSP, 2000.

- Ventura, Alessandro. Arquitetura, indústria e produção modular. Livre Docência FAUUSP, 2002.
- Ventura, Alessandro. Produção Seriada e Projeto Arquitetônico: o exemplo da escola secundária. São Paulo: Tese de doutoramento FAUUSP, 2000.
- Zanettini, Siegbert. Habitação / Implicações do Processo de Industrialização. Tese de doutoramento apresentada à FAUUSP, dezembro de 1972.
- Wisnik Guilherme. Madeira como estrutura: a história da ITA. São Paulo: Parallaxe, 2005.

- Bosiepe, Gui. Teoria Y práctica de diseño industrial. Giangiacomo Feltrinelli Editore, Milano 1978.
- Caporioni, Garlatti, Tenca-Montini. La coordinación modular, Caporioni, Garlatti, Tenca-Montini, Instituto Universitário de Arquitetura de Venecia, Editorial Gustavo Gili, S.A, Barcelona, 1971.
- Castells, Manuel. A Sociedade em rede. 2a ed. São Paulo: Editora Paz e Terra Ltda, 1999.
- Henderson, W.O.. The industrialization of Europe; Thames Hudson.
- Lima, J.F.. João Figueira Lima (Lelé). Editora Blau, Instituto Lina Bo Bardi, 2000.
- Millais, Malcolm. Building Structures. E & FN Spon, London, 1997
- Meyer, Marc H., Lehnerd, Alvin. The power of product platforms: Building value and cost leadership. Nova York: Free Press, 1997.
- Nutt-Powell, Thomas E. The house that machines built: House manufacturing reduces costs. Further gains require improved management and more rational building regulations. Technology Review, v. 88, p. 30 (8), nov.a dez., 1985.
- Parsons, James. A new world (made to) order. Architecture, v. 88, p. 156 (4), Maio 1999.
- Prouvé, Jean. Une architecture par l'industrie. Les editions d'architectures Artemis, Zurich, 1971.
- Vale, Brenda. Prefabs History of the UK temporary housing programme. Londres: E & FN SPON, 1995.
- Diamant, R. M. E., Industrialized Building 1, Life Books Ltd. , London, 1965
- Millais, Malcolm, Building Structures, E & FN Spon, London, 1997

- 1 - <http://www.ibge.gov.br>
- 2 - <http://www.fapesp.br>
- 3 - <http://www.revistapesquisa.fapesp.br> / SMAM-Sistema Modular de Atitude e Navegação
- 4 - <http://www.revistapesquisa.fapesp.br> / Consórcio Modular e seus impactos na Cadeia de Suprimentos da Fábrica de Motores VW - São Carlos
- 5 - <http://www.abcem.com.br>
- 6 - <http://www.abci.com.br>
- 7 - <http://www.construmetal.com.br>
- 8 - <http://www.volkswagem.com.br>
- 9 - <http://www.brandies.edu> / Promoting Modularity in Evolutionary Design
- 10 - <http://www.eclips.cornell.edu>
- 11 - <http://www.cornell.edu>
- 12 - <http://www.mit.edu> / Building Tomorrow: the mobile/manufactured housing Industry
- 13 - http://www.mitpress_webmaster@mit.edu
- 14 - http://www.clui.org/clui_4_1/lot/lotlw99.html / Modular Buildings
- 15 - <http://www.flatwoodhomes.com>
- 16 - <http://www.gbmodules.com>
- 17 - <http://www.manufacturedhousing.org>
- 18 - <http://www.mbinet.org> / Relocatable Classrooms Come of Age / Modular Delivers More than Speed to Completion / Design Build
- 19 - <http://www.nexusjournal.com/Sali-Teja.html> / Modularity and the Number of Design Choices