

A INDUSTRIALIZAÇÃO COMO REQUISITO PARA A RACIONALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

MARCELLUS SEREJO RIBEIRO

FAU / UFRJ – Curso de Mestrado

**CAMILO MICHALKA JR. - Orientador
Dr – Ing.**

Rio de Janeiro

Rio de Janeiro

2002

Ribeiro, Marcellus Serejo.

A Industrialização como Requisito para a Racionalização da Construção / Marcellus Serejo Ribeiro. Rio de Janeiro: UFRJ / PROARQ / FAU , 2002.

iii, 93p. 29,7 cm

Dissertação M.Sc. – Universidade Federal do Rio de Janeiro, PROARQ / FAU

1. Industrialização da Construção.
2. Racionalização. 3. Tese (Mestr. – UFRJ/PROARQ/FAU). I . Título.

ÍNDICE

ÍNDICE	i
RESUMO	ii
ABSTRACT	ii
INTRODUÇÃO	01
1- A INDUSTRIALIZAÇÃO	02
1.1 – Métodos de produção	02
1.2 – Método Industrial	03
2- A INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL	06
2.1 – Introdução	06
2.2 – A racionalização da construção	07
2.3 – A construção industrializada	07
2.4 – Princípios básicos da construção industrializada	08
2.5 – Sistemas de construção: o aberto e o fechado	09
2.6 – Questões relativas aos processos industriais de construção	12
2.7 – Princípios básicos construtivos	16
2.8 – Coordenação Modular	16
3- INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL	22
3.1 – Introdução	22
3.2 – A construção civil no Brasil	23
4- CONCLUSÕES	27
4.1 – Aspectos gerais	27
4.2 – Recomendações	29
6- REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS E BIBLIOGRAFIA	31

RESUMO

RIBEIRO, Marcellus Serejo. **A Industrialização como requisito para a racionalização da construção.**

Orientador: Camilo Michalka Jr.. Rio de Janeiro: UFRJ/ PROARQ/FAU, 2002. Diss.

Neste trabalho, é feita uma análise de como os processos industriais podem contribuir para a racionalização da construção civil, impulsionando sua evolução e consequentemente diminuindo seus custos. A industrialização é, então, abordada como fator de racionalização da construção civil, com um enfoque mais específico ao Brasil. São analisados os condicionantes para tornar a construção civil uma atividade industrial. Primeiramente é feita uma exposição histórica da industrialização em geral e uma análise do que a mesma representou dentro do processo de aprimoramento da técnica e do próprio ser humano. É considerada a atual conjuntura, na qual a construção deve ser enquadrada em sistemas que permitam que a mesma seja feita de forma mais fácil e econômica. Isto deve ocorrer sem impedir a grande variedade de soluções, oriunda da criatividade na elaboração dos projetos. Utilizando-se adequadamente os processos industriais são abordadas as alterações impostas pela industrialização na construção civil. Estas alterações se dão em todo o processo construtivo, desde as definições iniciais, passando pelo projeto, execução, operação até a manutenção. É enfocada também a função dos profissionais de Engenharia e Arquitetura no processo.

ABSTRACT

RIBEIRO, Marcellus Serejo. **A Industrialização como requisito para a racionalização da construção.**

Orientador: Camilo Michalka Jr.. Rio de Janeiro: UFRJ/ PROARQ/FAU, 2002. Diss.

In this work, it is analysed how industrial processes can contribute for rationalization of civil construction, impelling its evolution and therefore decreasing its costs. Industrialization is, then, approached as a rationalization factor of civil construction, with a more specific focus on Brazil. There are analyzed the factors that are required to turn civil construction into an industrial activity. First of all it is presented a historical exposition of industrialization in general and an analysis of what it represented in the refinement process of technique and of human being. Considering that, in the current conjuncture, construction must be fit to systems that allow it to be realized in an easier and economic way, without losing its great variety of solutions, brought out through creativity in the elaboration of projects. Using properly the industrial processes, alterations imposed by the industrialization in civil construction are studied. These alterations occur in every constructive process, from the initial definitions, passing through the project, the execution, the operation until maintenance. The function of Engineers and Architects in this process is also focused.

INTRODUÇÃO

Esse trabalho aborda a racionalização da construção a partir da industrialização, com um enfoque mais específico no Brasil. É feita uma análise de como a industrialização pode ser aplicada na construção civil por meio dos sistemas industriais aberto e fechado e da função da coordenação modular no segundo. É analisada a influência do sistema industrial em todo o processo construtivo.

A metodologia aplicada nesse estudo foi a de análise da bibliografia existente sob dois enfoques: a fundamentação teórica da industrialização da construção civil e o estado da arte no Brasil. A partir daí foram feitas considerações críticas visando analisar as possibilidades de uma racionalização mais efetiva da construção civil no Brasil pela implementação de uma maior industrialização.

O objetivo é mostrar o panorama da industrialização no Brasil, o nível de desenvolvimento em que se encontra, e como ela pode contribuir para a racionalização da construção civil, trazendo benefícios para todos.

São mostradas as vantagens da aplicação do método industrial, bem como são feitas sugestões de medidas que podem contribuir para a industrialização da construção civil no Brasil, além de serem traçados procedimentos que, uma vez adotados, em muito podem contribuir para esta industrialização e conseqüente racionalização da construção civil.

O capítulo 1 apresenta uma exposição histórica da industrialização, como conseqüência natural da própria evolução do ser humano, na busca por viver melhor. É feita uma análise do que a industrialização representou dentro do processo de aprimoramento da técnica.

No capítulo 2 é abordada a industrialização da construção civil e seus princípios básicos, com uma análise das necessidades inerentes à sua adequada implantação. São abordados os sistemas aberto e fechado. Para o sistema aberto, é feita uma análise da ferramenta que é imprescindível para sua implantação: a coordenação modular.

No capítulo 3 o enfoque é a industrialização da construção civil no Brasil, onde é feita uma apresentação histórica das iniciativas de industrialização, passando por um apanhado geral das experiências passadas, com uma análise dessas experiências. É feita referência ainda a obstáculos existentes, ainda hoje, à implantação de sistemas industriais no Brasil.

No capítulo 4 são feitas conclusões sobre o abordado nos capítulos anteriores analisando se a construção pode ser um produto realmente industrial, desde que se criem as condições para tal, de forma a ser econômica, sem se tornar uma barreira à criatividade na elaboração dos projetos arquitetônicos. Coloca-se a função dos profissionais de Arquitetura e Engenharia no processo. Conclui-se enfocando a conseqüência maior e mais imediata da industrialização da construção civil, que é a busca pela redução dos custos.

Nesse capítulo traça-se ainda, o perfil da atividade da construção civil industrializada. Isso é feito a partir da colocação dos procedimentos a serem considerados para uma adequada implantação da industrialização e/ou como esses impactam em todas as etapas do processo construtivo envolvendo profissionais, fabricantes, normalizações e pesquisas, mostrando a necessidade dela ser considerada como um todo unificado que se concatena entre si.

Não se trata, obviamente, do grande manual com todas as leis do conhecimento, mas sim, procura-se analisar como os processos industriais podem contribuir para a racionalização e evolução da construção civil.

1. A INDUSTRIALIZAÇÃO

1.1- Métodos de produção

Quando o homem começou a produzir de forma organizada, a produção tinha caráter doméstico e era consumida pela família e seus agregados, constituindo-se em uma unidade auto-suficiente.

A necessidade de grandes obras, que caracterizou os impérios da antiguidade, fez recorrer à escravidão, que foi a forma de organização de produção dominante naqueles tempos.

Na idade média a unidade de produção era o feudo, de início também auto-suficiente.

Quando a produção começou a exceder as necessidades, os homens recorreram às trocas e teve início o comércio. O comércio estimulou o surgimento das primeiras indústrias de caráter artesanal, baseadas no trabalho manual.

A evolução do artesanato foi promovida pela criatividade, capacidade, habilidade, experiência e eficiência pessoal. A experiência individual acumulada é transmitida de pai para filho gerando as técnicas e com o passar dos tempos, apurando-as. A eficiência individual do artífice e dos seus aprendizes determinam o volume da produção. (Bruna, 1976)

Alguns artesãos trabalham sob encomenda e sob medida, dependendo do ofício, mas a produção não fica completamente à mercê da iniciativa do artesão ou do capricho do cliente. Na verdade o primeiro deve atender às necessidades e aos desejos do segundo. É a lei da oferta e da procura que começa a definir o mercado. Para se proteger da concorrência os artesãos se associam e surgem as corporações, nas quais somente são admitidos os que provam a sua capacidade profissional. As corporações estabelecem **normas e padrões**. Começa o embrião da produção organizada no sentido atual.

Na organização da produção o princípio mais antigo é aquele no qual o homem, por sua própria natureza, procura obter o máximo de bem estar com o mínimo de esforço. Consta-se ainda que o próprio processo de desenvolvimento redefine a participação do homem, deixando-lhe a função própria da criatividade (Levinson, 1976).

Há também o princípio da divisão do trabalho. Primeiro registra-se a divisão social do trabalho, com a mulher em casa para atender ao trabalho doméstico e o homem fora para o trabalho mais pesado. Em seguida, a divisão profissional, surgindo da observação de que cada um consegue produzir mais naquilo em que tem aptidão. Surgem assim os ofícios.

O método artesanal é a estratificação histórica de técnicas, regras e padrões que organizam a produção individual realizada com operações manuais e por ofícios. A divisão do trabalho conduz à especialização, que embora esteja presente bem discretamente no método artesanal, somente com a aplicação da máquina na produção de bens é que conduz ao princípio da economia de escala.

Já no tempo dos romanos havia exemplos de padronização, pois seus tijolos eram de dois únicos tamanhos em todo o império, numa clara demonstração de que eles tiveram a percepção das vantagens da padronização e da lei da economia de escala, que exige a simplificação das operações e a normalização do produto. (Benevolo, 1994)

Na Renascença, os artífices, para atenderem à demanda crescente, começam a cortar a pedra e a esculpir elementos semi-acabados ou terminados, segundo padrões preestabelecidos. Assim começam, mesmo que involuntariamente, a aplicar o princípio da série, mostrando os primeiros exemplos deste tipo de produção em série.

Com o surgimento das primeiras máquinas manuais e hidráulicas começa a se configurar a aplicação de outro princípio de organização, o da transferência de habilidade. Conseqüência direta da tendência do homem em utilizar meios mecânicos para aliviar a sua carga de trabalho e executar tarefas de sua responsabilidade. A aplicação desse princípio marca o início da evolução do método artesanal. Entretanto só a invenção da máquina a vapor permite o desenvolvimento da mecânica aplicada e provoca a revolução industrial. A máquina exige operações simples, em que um ciclo deve ser fracionado em operações, para que

cada operação possa ser realizada rapidamente. A identificação de operações diferentes revela a necessidade de um maior grau de especialização, dentro de uma mesma profissão, surgindo assim a especialização técnica.

Enquanto no método artesanal o artífice realiza as operações principais e seus ajudantes e aprendizes as secundárias, no método industrial cada oficial realiza apenas algumas operações e em alguns casos uma única operação, para a qual adquire grande destreza e automatismo. As operações tornam-se então repetitivas. As máquinas da primeira revolução industrial são máquinas simples e repetitivas, operadas pelo homem. Dois aspectos logo revelam-se extremamente importantes: primeiro, o da continuidade da produção; segundo, o da produtividade. Num determinado ciclo de produção as operações devem ser cronologicamente pré-determinadas e a produção convenientemente dimensionada para assegurar que as máquinas não tenham tempos ociosos.

Por outro lado, a demanda deve ser organizada e dirigida. Organizada para ser contínua e dirigida para aceitar os modelos que a produção oferece.

Segundo Rosso “ Para o arquiteto o domínio da tecnologia é essencial, eis que por seu intermédio pode ser materializado o objeto que concebeu no projeto”(Rosso, 1996).

Entende-se como importante, dentro desse contexto, deixar bem definidos os conceitos de técnica e tecnologia. A técnica pode ser definida como sendo o conjunto de normas práticas necessárias à execução de determinada tarefa, estando dependente da capacidade e habilidade de quem a executa, de forma que pode ser até instintiva, é um procedimento estanque. A tecnologia seria a aplicação científica da técnica, ou das técnicas, através de conceitos, ações e sistemas desenvolvidos para um fim específico, estando em constante evolução. O que vem ao encontro dessa afirmação de Levinson, 1976: “De uma forma genérica, o desenvolvimento propicia o permanente aperfeiçoamento de técnicas tradicionais, fazendo-as evoluir ou substituindo-as pela criação de outras totalmente inovadoras.” Isto leva ao método industrial.

1.2 – Método Industrial

Pode-se definir método industrial como sendo aquele que, entre as várias modalidades de produção, é baseado essencialmente em processos de natureza repetitiva e nos quais a variabilidade incontrolável e casual de cada fase de trabalho, que caracteriza as ações artesanais, é substituída por graus pré-determinados de uniformidade e continuidade executiva, característica das modalidades operacionais parcial ou totalmente mecanizadas.(Blachere, 1977).

Seus elementos determinantes são a repetição e a organização. A primeira, de caráter essencialmente tecnológico, decorre de uma ação estabilizante dos processos de produção e a segunda, de caráter econômico-administrativo, decorre principalmente de ações de controle. Assim sendo, pode-se dizer que o produto industrializado é o elemento de uma série não casual de produção.

Baseado no que foi dito anteriormente, pode-se concluir que **um processo industrial é definido essencialmente pela intensidade e pelos níveis de controle efetuado**. Nos processos industriais mais comuns, esse controle tem caráter interno, com prevalência da ação gerencial sobre a normativa. Nesses sistemas, o controle foi organizado em concomitância com o desenvolvimento do próprio processo, ou foi estabelecido previamente através de estudo específico.

O método industrial articula-se nas seguintes fases principais:

- Concepção - Pesquisa pura e aplicada, marketing, desenho industrial, desenvolvimento de produto e normalização, que definem o objeto da produção.
- Produção - Engenharia de processo, a pesquisa operacional, a pesquisa tecnológica, a engenharia de produção e a gestão industrial, que definem o processo de produção.
- Consumo - Engenharia de manutenção e de operação que definem o desempenho no uso e na durabilidade do produto.

Esses princípios são válidos para a maior parte dos setores de produção. Existem, contudo, certos tipos de produção para os quais a aplicação sofre restrições ou adaptações.

Há situações que apresentam condições peculiares de produção como, por exemplo, a indústria de elementos bélicos e a indústria naval, nas quais a economia de escala pode ser obtida através de séries limitadas.

Quando o produto é único e realizado num processo específico, não repetitivo, não se tem condições de aplicar séries de produção, mas a mecanização e outros instrumentos de industrialização são todavia válidos.

Em geral, entretanto, quase todos os produtos de processos não repetitivos podem ser fracionados em partes ou componentes intermediários a serem fabricados por indústrias subsidiárias facultando, em geral, a produção de séries e a formação de estoques. O processo final é o resultado de operações de montagem, ajustagem e acabamento. Operações essas que exigem um grau elevado de normalização e padronização, como nas indústrias automobilísticas, que são ícones de desenvolvimento industrial e tecnológico. Segundo Blachere, 1977: “A padronização portanto tem um caráter muito amplo e se afigura hoje como um dos instrumentos básicos da industrialização.”

Configura-se, assim, uma aplicação sempre mais profunda do conceito de especialização técnica que, surgindo como elemento de racionalização da mão-de-obra, atinge a indústria como um todo.

O progresso técnico e cultural da humanidade, bem acelerado em nosso século, traz como conseqüência para os dias atuais, que a produção de bens deve atender a três fatores:

- qualidade melhor;
- quantidade maior;
- custo menor.

Freqüentemente esse progresso tem origem ou numa descoberta casual ou em estudos visando satisfazer a curiosidade humana ou, finalmente, procurando reproduzir um fenômeno natural.

É o caso da descoberta do PVC, sintetizado pela primeira vez em 1835 por Regnaut. Naquela circunstância nenhuma importância foi dada ao fato. Somente por volta de 1930, com a descoberta da polimerização industrial na Alemanha, as propriedades do PVC começaram a ser exploradas. Do seu aperfeiçoamento posterior chegou-se à aplicação na construção civil numa grande variedade de produtos.

Vê-se, portanto, que um novo produto se inicia com uma fase de pesquisa pura, seguida de pesquisa aplicada, de desenvolvimento e do projeto do produto.

Freqüentemente as fases de pesquisa aplicada, desenvolvimento e projeto do produto, se repetem. Antes de iniciar a produção em grande escala é fabricado um protótipo do objeto, depois uma série experimental. Os ensaios de qualidade, os testes simulados de desempenho e de durabilidade, a definição e a simplificação do processo de fabricação interferem sobre o processo de concepção para viabilizar o produto.

Em seguida tem-se a fase de produção e a de uso e, aproveitando-se a experiência do uso, verifica-se o desempenho, procurando otimizar a qualidade e o custo. (Bruna, 1976).

Segundo o produto, as fases assumem aspectos diferentes. Quando o produto é fabricado em séries repetitivas, chama-se de produção ao ato de transformar em realidade o que foi concebido no projeto. O nome de construção é reservado à execução de unidades isoladas. Quando o produto é destruído na fase de uso, esta é chamada de consumo, caso contrário tem-se a utilização. Esses são aspectos apenas formais, embora o que se pretenda é produzir e não construir edifícios.

Na economia de um país, se distinguem três setores:

- Primário - Constituído de agricultura, indústria extrativa, pecuária;
- Secundário - constituído pela indústria de transformação; e
- Terciário - constituído pelos serviços públicos ou privados.

No secundário podemos distinguir a indústria de bens de produção e a de bens de consumo.

A de bens de produção realiza a primeira fase de beneficiamento da matéria prima e é também a que produz maquinaria e equipamentos para serem utilizados no fabrico de bens de consumo ou de uso.

A de bens de consumo produz os bens que satisfazem diretamente as necessidades humanas.

No seu processo de desenvolvimento econômico, um país atravessa várias fases, passando da primeira, em que prevalece a economia primária, para a segunda, que chamamos de transição, e na qual o setor primário começa a perder importância econômica em relação ao secundário e ao terciário. Nos países industrialmente mais adiantados, o setor secundário prevalece definitivamente sobre os demais. Sendo que na Europa já há um encaminhamento para a predominância do terciário, com a produção em grande escala sendo transferida para outros países.

Quanto ao desenvolvimento industrial os países podem ser classificados em três níveis:

- países de economia primária;
- países em transição;
- países industrialmente maduros.

Em cada nível registra-se uma participação cada vez maior da tecnologia.

Quando prevalece a economia primária, o país tem apenas construção, utilização e consumo. Pesquisa, desenvolvimento e projeto, são realizados no estrangeiro. Os produtos industrializados são importados. Mesmo os projetos de construção são importados.

No segundo nível, de transição, verifica-se a progressiva e gradual substituição da importação pela execução local. Essa substituição, em geral, se realiza em sentido inverso ao processo, pela produção, seguida pelo projeto, pelo desenvolvimento do produto, pela pesquisa. Assim mesmo, muitas vezes depende-se ainda do estrangeiro no que tange aos bens de produção. Nesta fase os projetos para a construção já são totalmente realizados no país.

Na terceira fase, registra-se uma aplicação completa da tecnologia. Entretanto por razões de conveniência nas trocas comerciais, o país pode continuar a importar alguns produtos ou mesmo projetos de desenvolvimento e pesquisa.

2- A INDUSTRIALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

2.1 – Introdução

Muito se tem dito, no mundo da construção, sobre a definição da industrialização. Porém não existe mais que uma definição: a industrialização é a utilização de tecnologias que substituem a habilidade do artesanato pelo uso da máquina. (Rosso,1980).

As máquinas, que o homem inventou desde a mais remota antiguidade, somente na idade média passam a assumir formas que já trazem implícitos os princípios da padronização .

“Leonardo da Vinci e outros contemporâneos nos deixaram projetos de máquinas hidráulicas, mecânicas, eólicas, de grande interesse e dentre elas se destacam as de construção” (Huth, 1976).

Mais tarde, com o advento da revolução industrial, a construção passa a utilizar máquinas de toda a espécie. A mecanização entretanto, é utilizada subsidiariamente para a execução de operações pesadas, mais que para operações repetitivas. Da mecanização se sobressai especialmente a indústria de materiais, que se desenvolve rapidamente. Nesta porém, a máquina desempenha um papel mais eficiente.

A máquina gera uma ambigüidade sempre acentuada entre a construção como atividade principal que realiza o produto final e a indústria de materiais que a supre. Embora ainda não completamente desvinculada do regime de produção por encomendas, a indústria de materiais pode em geral organizar a produção em ciclos definidos, com séries repetitivas.

A causa do fenômeno deve ser procurada na própria essência do ato de construir. Em primeiro lugar se destacam a variabilidade e a descentralização da produção. O produto é geralmente único e executado em local diferente. O ciclo de produção é fracionado em fases, realizadas em postos de trabalho diferentes, o que obriga os operários a se locomover enquanto o produto fica imóvel. Fábrica e oficina são substituídas pelo canteiro, que é sempre de caráter temporário, em condições mais de adaptação à produção do que propriamente de organização. O próprio caráter do produto dificulta a proteção da influência desfavorável de perturbações externas imprevisíveis.

O impacto da revolução industrial e do surgimento das ciências das construções fraciona, mais profundamente, o processo de edificações em duas fases: de concepção e de execução, diferenciando a atuação dos profissionais envolvidos e acrescentando o industrial, isto é, o fabricante de materiais.

Rompida a unidade original do processo de edificação, desaparecidos os mestres construtores, os arquitetos se colocando, em muitos casos, mais preocupados com a forma do que com a técnica, estimulada a especialização profissional com intervenção de outros profissionais especialistas nas mais variadas áreas, a consequência, devido a uma dificuldade inicial de coordenação do todo, é um rendimento operacional da indústria da construção mais baixo do que se registra em outros setores industriais.

Por outro lado, a indústria de edificação, operando por ciclos de produção relativamente longos, toma decisões que se referem a um mercado futuro, assumindo riscos e enfrentando incertezas. Esta falta freqüente de domínio do mercado, decorrente também da dificuldade, em muitos casos, de fazer previsões face às flutuações da demanda e à influência de fenômenos conjunturais, obriga este setor da produção a assumir uma atitude de defesa que se baseia, principalmente, num fracionamento da sua estrutura, visando distribuir e diluir os prejuízos.

Tem-se várias definições que não são verdadeiras sobre o que seria a industrialização, chegando-se até a dizer que, para ser industrializado, o produto tem de ser feito em fábricas cobertas e não ao ar livre, o que colocaria o trabalho no canteiro de obras sem condições de ser industrializado. Isto é uma incorreção pois, na verdade, a industrialização não se caracteriza pelo espaço onde é desenvolvida, mas sim pela tecnologia que é utilizada, baseada nos conceitos de normalização, padronização e série.

“Segundo Blachere,1977, “A produção em série é uma condição necessária para o emprego de uma tecnologia industrializada. Unicamente a determinante de um processo industrial e só existe industrialização se há uma tecnologia mecanizada envolvida no processo.”

2.2 – A racionalização da construção

“A racionalização é o processo mental que governa a ação contra os desperdícios temporais e materiais dos processos produtivos, aplicando o raciocínio sistemático, lógico e resoluto, isento de fluxo emocional”. (Rosso, 1980).

Entende-se pois, a racionalização de um processo produtivo, como sendo um conjunto de ações que visam substituir as práticas convencionais por tecnologias baseadas em sistemas que visam eliminar o empirismo das decisões.

A racionalização é indispensável na industrialização, além de ser identificada com a mesma. Racionalizar a produção significa estudar os métodos de produção a fim de reduzir o tempo de trabalho e reduzir os tempos de máquina, para conseguir a melhor produtividade e a melhor rentabilidade.

Historicamente, a racionalização é seguida da industrialização propriamente dita, pois, em primeiro lugar, se substituirá a mão-de-obra artesanal e as tecnologias artesanais pelas máquinas movidas por operários que não são artesãos e em uma segunda fase, vem o interesse em economizar também essa mão-de-obra não qualificada. Entramos então na fase das cronometragens e dos ritmos. O resultado dessa fase é a automação.(Birules,1968).

Assim, há de ser considerado que a racionalização é uma companheira da industrialização, porém não é uma condição essencial. Ao contrário, é possível haver produções industriais que estão muito mal organizadas. Desta maneira, as duas noções de racionalização e de industrialização são bem diferenciadas.

2.3 – A construção industrializada

Em princípio, a industrialização da construção está associada à necessidade da integração. Constantemente nota-se que a construção funcionava de forma dissociada, com suas fases interagindo sem coordenação entre si. Entre essas fases existiam incompreensões, falta de informações, mal-entendidos, tudo colaborando para que ocorram essas perdas de tempo, erros e repetições, situações incompatíveis com qualquer processo de industrialização. A construção civil se prestou a todas essas críticas, por todas as suas peculiaridades já conhecidas, e uma vez enquadrada nos conceitos de industrialização e adequação aos métodos industriais, tornou-se uma realidade em alguns países.

Nesse processo, pessoas ou organizações diferentes participam na concepção e na realização de um projeto ou de um produto. Isto aparece com clareza numa orientação da construção onde, muitas vezes, se discutem as possibilidades de êxito além do caráter industrializador do processo e do emprego de componentes de catálogo. Neste caminho há uma acentuada integração do processo, onde não só os materiais, mas também partes da construção são fabricadas concatenadamente com o projetista.

Na construção industrializada, como na maior parte das indústrias, a concepção deve ser compartilhada por muitos projetistas. A sucessão de responsabilidades não torna menos importantes os contatos entre os diversos setores envolvidos no processo. Isso é devido à necessidade de integração total entre as partes, particularmente na introdução de novidades, onde é imprescindível um contato estreito entre projetistas e utilizadores da tecnologia.

Assim sendo, deve-se considerar que a correta transmissão de informações, desde a concepção até a utilização do método, deve ser uma preocupação constante, utilizando-se ou não métodos industriais, pois a necessidade é a mesma e isto é uma característica essencial da industrialização.

Para que um produto seja industrializado, este deve ter características fundamentalmente diferentes daqueles que se produzem artesanalmente. Essa afirmação carece de uma base lógica. Certamente quando se industrializa, por definição, se altera o método de produção. Se os métodos artesanais que utilizam as mãos e os utensílios manuais animados pelo empirismo do artesanato, se substituem por máquinas e operadores, chega-se a um produto muito diferente. Entre uma vasilha de argila torneada a mão e uma vasilha de polietileno fabricada por injeção, há uma diferença de produto. Porém a concepção da vasilha é a mesma. Industrializa-se sem trocar a sua utilidade nem o seu conceito, senão trocando a matéria e a execução.

Da mesma forma, as características das construções não mudaram em relação às que se construíam artesanalmente e não é por isso que não são industrializadas. A industrialização não está no conceito de conjunto do produto. A forma com que o objeto responde ao programa está na elaboração.

Certamente, o novo método de elaboração tem uma reação apreciável sobre a concepção e, pouco a pouco, o objeto muda, porque a forma de realizá-lo muda, porém isto é uma segunda etapa. Dizer que não é industrializado no caso em que, de forma mecânica se produzem construções semelhantes às produzidas tradicionalmente, é excessivo, senão injusto.

Esses falsos postulados e essas exigências excessivas com relação à industrialização podem produzir uma aversão subconsciente ao processo de industrialização. Um profissional, ao se dizer partidário da industrialização, pode exigir uma série de condições que jamais poderão ser cumpridas, o que poderá leva-lo a adotar uma postura de aversão aos recursos de que dispõe e a procurar um processo mais elaborado e inacessível.

Desta série de considerações é necessário ter em conta: o lugar onde se trabalha, a série, a produção racionalizada, a maior ou menor integração da equipe, o desejo de fabricar objetos de nova concepção, e o desejo de utilizar materiais adequados. Tudo isso são circunstâncias que não são estranhas à industrialização, porém que tão pouco constituem sua essência.

A essência da industrialização é o produzir um objeto sem mão de obra artesanal, com máquinas utilizadas por operários especializados e em processos repetitivos e controlados por máquinas automáticas.

2.4 - Princípios básicos da construção industrializada

O processo industrial da construção tem um desenvolvimento progressivo análogo ao que têm experimentado outras indústrias. Os obstáculos, porém, têm sido maiores no ramo da construção, devido à sua complexidade e, assim sendo, esse processo chega com um certo atraso se comparado com outras indústrias. Temos que fugir dos conceitos dos hábitos nessa nova técnica, como alguns têm pretendido. Em conseqüência, inicia-se um processo de trocas de idéias entre os técnicos da área da construção, que vão estabelecendo regras, adquirindo costumes, que, por seu caráter específico, são convertidos em leis.

Porém, como está sendo possível verificar, a industrialização é um processo amplo, já que significa que o produto, quando fabricado e armazenado, não conhece quem vai comprá-lo e onde ele vai ser empregado. Tal procedimento é pouco simpático, se analisado pelo prisma de quem vai construir, fruto de um antigo costume de personalizar o que vai ser construído. Mas, em contrapartida, esse mesmo construtor personalizador sequer aventaria a hipótese de fazer um automóvel, por exemplo, personalizado. Ele se adequa e escolhe, entre as ofertas que tem à sua disposição, a que mais lhe agrada.

Os edifícios erguidos com técnicas industriais se cristalizam com formas típicas com a sua própria fisionomia. Ao mesmo tempo a ilimitada variedade de formas de seus componentes oferece o máximo de possibilidades de moldagem, de onde advém a múltipla variedade dos tratamentos decorativos em superfícies e perímetros.

A maioria dos ramos da indústria teve um grande progresso nos últimos tempos, fruto da evolução tecnológica que vivemos. São inúmeras as que tem toda a sua linha de produção

automatizada. Por outro lado esta fábrica, na qual se desenvolve hoje a produção automática, foi freqüentemente construída segundo os antigos métodos de construção.

A indústria da construção também vivencia esses progressos, pois trabalha com máquinas e guas em grandes obras, mas tem tido um gritante atraso se comparada a outras indústrias, tanto em industrialização como em automação. Evidentemente, o desenvolvimento da atividade construtiva abrange diversas circunstâncias que tendem a retardar os seus avanços.

A construção utiliza uma variada gama de serviços, envolvendo diferentes ramos industriais, que têm de ter seus produtos considerados, além de suas características especiais. A construção obedece a uma ordem de idéias distinta de outros produtos industriais. Além disso deseja-se de uma edificação algo mais que sua pura missão funcional. Ela vai buscar também novas formas e aspectos de sua presença arquitetônica.

Por tudo isso, a arte da construção está submetida a um processo mais lento de desenvolvimento. Mas existe o avanço pelas vias da industrialização, porque os problemas construtivos já não podem ser resolvidos pelos antigos métodos, com a elevada proporção de mão-de-obra.

A construção industrializada se caracteriza, essencialmente, por procedimentos baseados em componentes de fábrica, ou componentes construtivos funcionais, produzidos em série, com o fim de tornar mais rápido o processo construtivo e reduzindo ao máximo as operações no canteiro de obra.

Obviamente, para se conseguir uma edificação industrializada, é necessária uma adequada estrutura metodológica de projeto e execução.

Não se pode afirmar que os procedimentos industrializados são substitutos dos tradicionais: ambos devem coexistir e podem oferecer soluções alternativas de acordo com a situação.

Para se entender as razões que nos levam à industrialização da construção, é preciso conhecer como e porque o processo de industrialização afeta diretamente o produto arquitetônico e não só analisar os aspectos puramente tecnológicos. O progresso tecnológico tem sido, sem dúvida, um fator importante, porém, não é o único, já que a edificação industrializada está englobada num contexto mais amplo de transformação estrutural de todo o processo produtivo. Este envolve aspectos sócio-econômicos, culturais, científicos e ideológicos, que requerem um tratamento mais amplo e profundo, além dos objetivos desse trabalho, que pretende dar uma indicação dos caminhos a serem seguidos para alcançar a industrialização da construção efetivamente.

2.5 – Sistemas industriais de construção: aberto e fechado.

Considerando os aspectos operacionais ligados à edificação industrializada, são dois os sistemas industriais de construção: o sistema aberto e o sistema fechado.

Estes diferenciam-se pelo modo de utilizar os componentes industrializados.

O **sistema industrial fechado** (figura 01) se baseia no princípio de produzir determinados organismos arquitetônicos (Mandolesi, 1981). Projeta-se um determinado tipo de edificação para que cada elemento construtivo funcional possa ser produzido em série, em uma fábrica, e posteriormente montado, juntamente com os outros na obra.

Na prática, o objeto da construção é decomposto em partes que são capazes de serem conectadas, para ser obtido aquele tipo de edificação. O posicionamento dos componentes industrializados é feito sobre um protótipo da edificação completa, ou de partes da mesma. Tais componentes são adequados a um tipo específico de edificação, são utilizados unicamente no âmbito de sua produção, daí a designação de construção industrializada por sistema fechado.

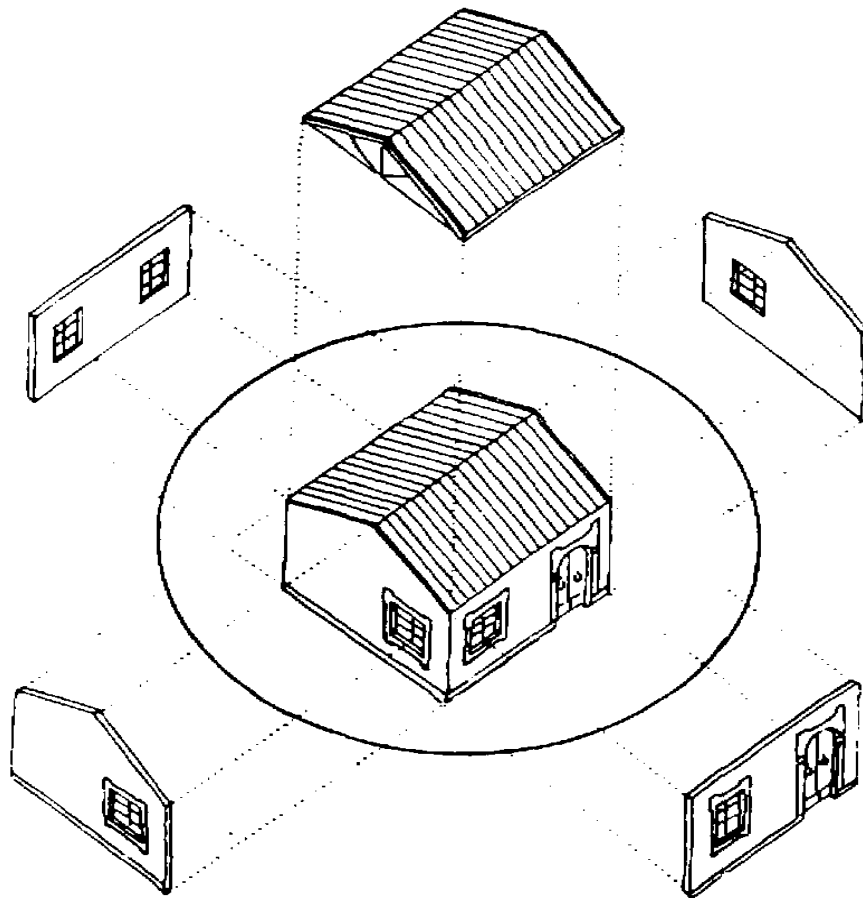


FIGURA 01 — SISTEMA INDUSTRIAL FECHADO (Mandolesi – 1981).

Mandolesi enumera as seguintes limitações para esse sistema:

- requer uma determinada quantidade de unidades do mesmo tipo para viabilizar a sua concepção e seu desenvolvimento;
- exclui a possibilidade de abrir o mercado aos componentes industrializados para serem aplicados em outros tipos e categorias de edificações;
- limita a variedade de edificações que poderiam ser criadas devido às características únicas dos componentes do sistema;
- torna-se exclusivo às grandes empresas, em detrimento das pequenas e médias a não ser que estas se associem em consórcios ou cooperativas.

Esse sistema segue duas direções: transferência para as fábricas de ciclos de trabalho típicos da obra tradicional e transferência à produção da edificação dos critérios da indústria mecânica.

Em síntese, a construção industrializada por sistema industrial fechado significa produzir tipos pré-determinados de edificações, mediante a pré-fabricação em série dos componentes construtivos, que tem uso exclusivo no sistema adotado.(Mandolesi, 1981).

O **sistema industrial aberto** (figura 02) se baseia no princípio de produzir elementos construtivos funcionais e polivalentes, suscetíveis de serem utilizados em organismos arquitetônicos de distintos tipos e categorias (Mandolesi,1981).

Esse sistema também pode ser concebido através de uma decomposição em partes do organismo arquitetônico, produzidas em série em uma fábrica, ou mediante a industrialização dos componentes, porém sem passar por um projeto preliminar de um tipo específico de edificação, como no caso do sistema fechado.

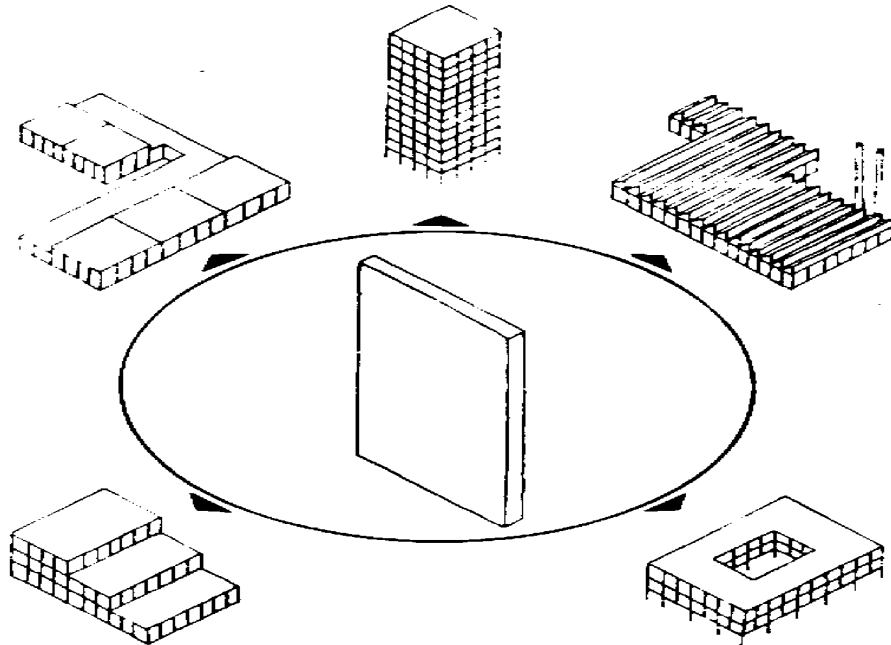


FIGURA 02 – SISTEMA INDUSTRIAL ABERTO (Mandolesi – 1981) .

É uma operação de integração que, graças a determinação de parâmetros coordenantes, permite a introdução de componentes industrializados a serem utilizados no projeto e construção de tipos de edifícios, numa gama o mais ampla possível, inclusive pertencentes a categorias diferentes.

Por essa razão se chama sistema industrial aberto de construção, pois não são postos edifícios no mercado e sim componentes industrializados para construir edifícios. Sob esse aspecto a construção industrializada por sistema aberto é também chamada de construção por componentes.

Mandolesi enumera as seguintes finalidades para o sistema industrial aberto:

- conseguir uma maior penetração do produto no mercado de construção, pelas amplas possibilidades de escolha oferecidas ao consumidor;
- ter maior flexibilidade sobre o tamanho da série do produto, pois não existe a sujeição a valores mínimos de intervenção por unidade de construção do mesmo tipo;
- permitir uma organização maior das empresas produtoras de componentes;
- limitar os custos de instalação por meio da criação de empresas produtoras especializadas em cada tipo de componente;
- dar uma liberdade efetiva ao projeto do produto a nível arquitetônico, e sobretudo dar a possibilidade de uma constante manutenção nos modelos concebidos.

Executar uma edificação por sistema industrial aberto requer a verificação das condições a nível programático, a nível produtivo e a nível de projeto, ou seja, é necessária uma coordenação operacional entre os participantes do processo da edificação.

Uma ferramenta que torna possível a integração dos componentes industrializados, inclusive garantindo a variedade de soluções é a coordenação modular, que será abordada mais à frente.

A nível de produção, a construção industrializada por sistema aberto comporta iniciativas coordenadas entre produtores e empresários para a introdução no mercado de componentes industrializados, modulares e integráveis entre si.

A nível de projeto, é indispensável a aplicação de métodos embasados na coordenação modular, tanto a nível do componente industrializado, quanto a nível do organismo arquitetónico, a fim de permitir a integração dos componentes. É necessária a concepção de modelos abertos, para os distintos fins de uso do organismo arquitetónico, ou seja, dotados de flexibilidade formal construtiva e de uso.

Resumindo, a construção industrializada por sistema aberto caracteriza-se pela concepção de organismos arquitetónicos por meio de procedimentos industrializados, na fábrica ou na obra, e de componentes coordenados modularmente, independentes, a princípio, de um tipo específico de edificação. (Mandolesi, 1981).

A construção industrializada por sistema industrial fechado precedeu a por sistema aberto, porém hoje é indiscutível que essa última representa um dos caminhos que deverá percorrer a construção industrializada de edifícios em suas complexas fases de desenvolvimento e estruturação. As experiências e os resultados positivos em vários países são elementos que demonstram a validade da construção por sistema industrial aberto.

Verifica-se que a tendência natural é a da adoção dos sistemas abertos, com a finalidade de:

- especificar, no quadro do desenvolvimento da industrialização da construção, as reais possibilidades da introdução no mercado de elementos construtivos de série como componentes acopláveis e combináveis;
- formular uma metodologia de projeto sobre uma correta aplicação dos componentes industrializados.

Sobre esse último ponto, considera-se oportuna a alusão aos problemas relativos à modulação e à acoplabilidade dos componentes industrializados, que existem, mas podem ser solucionados a partir da adoção dos princípios da coordenação modular.

2.6- Questões relativas aos processos industriais de construção

Os sistemas de construção industrializada foram introduzidos pela primeira vez nas obras de caráter industrial. Estas obras, normalmente, são de grandes dimensões e com elementos que se repetem em grande número. As vantagens que a industrialização da construção oferece são:

- A duração da obra é menor.
- A necessidade de materiais a serem empregados fica reduzida, já que diminuem as operações no canteiro de obra.
- Obtém-se uma melhora de qualidade graças à produção em fábrica, sob um constante controle e com o auxílio de máquinas adequadas, o que melhora as condições em que o trabalho é realizado.
- O elemento industrializado permite um melhor controle, já que é obtido em fábricas.
- A produção dos elementos pré fabricados é feita independentemente das intempéries, já que pode ser feita em locais cobertos.

Tudo isso redundava em uma redução dos custos e numa melhora nas condições de trabalho. Graças ao encurtamento do tempo da obra, surgem economias cuja expressão em cifras exatas está sujeita às condições de produção expressadas.

Como em outros setores industriais, para muitos elementos devem ser consideradas as questões relativas ao transporte de grandes componentes ou conjuntos montados na indústria.

Numa produção industrial procura-se não produzir mais que a demanda, e o preço do produto colocado no mercado deve ser competitivo. Assim pois, para que exista industrialização da construção é necessário que, não só tecnicamente seja uma industrialização, mas que também do ponto de vista econômico seja competitiva.

Um profissional da construção bem qualificado pode conceber um sistema industrializado correto, ou seja, onde os componentes tenham as características requeridas para que as construções satisfaçam as exigências dos usuários. Porém, este sistema deve ser economicamente competitivo.

Um conceito que é necessário abandonar é o que prega que existem soluções extraordinárias que não funcionam porque os interesses não permitem. Não existe entretanto, segundo Bruna, no conjunto de procedimentos nenhum em que as circunstâncias sejam capazes de revolucionar a construção.

A evolução dos sistemas e componentes industriais nos traz, vez ou outra, um sistema que é tecnicamente válido e economicamente viável, sistemas esses que quando surgem logo tomam conta do mercado. Nas telecomunicações, por exemplo, o transistor dominou o mercado e substituiu plenamente as válvulas.

Na construção também há exemplos, como as portas laminadas industriais, que gradativamente substituíram as portas artesanais. Isso mostra que as novas tecnologias podem perfeitamente se adequar à construção desde que sejam vantajosas.

A inovação é um movimento que, por essência, vai se chocar com a inércia. Para vencer essa, em física não há outro meio, senão aplicar esforços. É absurdo crer que uma novidade se imporá em um mercado sem que sejam superadas a hostilidade dos participantes e a reticência dos usuários. Porém, ao movimento não se opõe unicamente a inércia, existem outras razões e estas podem ser reduzidas.

Assim, um meio de reduzir as reticências dos usuários é emitir um informativo autorizado e imparcial sobre a atitude e emprego de uma inovação.

Se os obstáculos quando devidamente analisados, na verdade não são obstáculos, não se pode dizer com certeza que o progresso técnico anda tão rápido quanto necessário. No campo da construção civil uma das principais razões é a de que esta é uma área na qual desenvolver soluções economicamente viáveis é uma tarefa que depende da aplicação e do desenvolvimento dos produtos.

Porém, querer criar sem o apoio das ciências, é obter então, a produtividade da alquimia. Os alquimistas foram milhares e milhares de espíritos curiosos que, durante séculos, trabalharam com paixão mas com pouca objetividade, porque não tinham uma base científica. Durante séculos fizeram experiências de todas as classes, porém lhes faltava o elo condutor da ciência. Faziam experiências sem uma unidade de critério. Depois, um dia, os cientistas começaram a abordar a alquimia com um espírito científico, começaram pelos pontos simples, não a fazer ouro, senão a conhecer a composição do ar e da água. Porém dois séculos depois, graças ao espírito científico, a química foi muito além de onde a alquimia podia sonhar.

Da mesma forma nos faz falta uma aproximação lógica e científica. Não ignorar os progressos que podemos fazer, mesmo se são primeiramente pequenos. É necessário abandonar a obsessão da solução milagrosa, material milagroso, sistema milagroso, que se desvia do verdadeiro caminho do progresso e, no fundo, é um estímulo à inércia.

Estudar, procurar, fazer protótipos, desenvolvê-los, em termos financeiros é um investimento, uma soma gasta na esperança de um benefício futuro. Investigar supõe sempre um risco. Investir na investigação, no desenvolvimento é um risco, além de ser um investimento de médio prazo.

A natureza e o grau de industrialização de um país são reflexos das condições econômicas e dos parâmetros, quantidade da mão-de-obra qualificada e relação do preço dos produtos com a mão-de-obra.

É interessante conhecer o percentual que cada etapa representa no global da obra. A decomposição dos custos varia de obra para obra, porém tem a mesma ordem de grandeza. O custo da obra é o acúmulo de um grande número de fatores.

Só é possível uma produção em massa quando é possível fabricar séries de determinado elemento. Isso pode ser conseguido desde que esse elemento tenha algumas características:

- Possa ser empregado em obras de finalidades diferentes.
- Possa desempenhar diferentes funções .
- Sirva para edifícios de variadas dimensões, porém desempenhando igual função, graças à combinação de distintas peças que permitam empregar os mesmos métodos de fabricação.

Essas são as condições requeridas para a produção de uma série de elementos industrializados. Tais elementos devem poder ser fabricados mecanicamente e ser facilmente transportáveis. Outra condição fundamental para a redução de custos é assegurar a continuidade da produção. Isto é conseguido pela padronização que permite a armazenagem de produtos que serão, então, utilizados em etapas posteriores.

A execução de projetos e seleção dos elementos destinados à produção em série é o que se denomina especificação. A especificação dos elementos é somente o primeiro passo. A fase seguinte é a especificação e detalhamento dos componentes da obra (figura 03). Finalmente podem ser fabricadas edifícios completos, de acordo com uma concepção projetual.

Esses projetos tem de ser elaborados de acordo com uma sistematização de medidas, sendo necessário que representem ao mesmo tempo uma solução econômica, tecnicamente boa, construtiva e esteticamente adequada. Através da normalização dos elementos construtivos se normalizam também, automaticamente, os detalhes e as uniões, o que facilita bastante a planificação e a execução.

Essa normalização deve servir de meio de adequação entre o projeto e sua execução. A normalização só é possível quando as dimensões dos produtos concordam entre si e estão coordenadas. A coordenação é possível pela introdução de uma ordenação de medidas. Esta ordenação de medidas é condição principal à industrialização de construções. Deve abranger todas as medidas e dimensões dos edifícios e seus componentes. Deve tornar possível a união entre os diversos elementos, a substituição e as trocas entre os mesmos e suas combinações.

Empregada em escala mais ampla, tornará possível também, através da sistematização das medidas, a união entre diferentes produtos industriais.

As conseqüências da coordenação das medidas são:

- A possibilidade de escolher, para uma determinada função, o produto mais conveniente, já que são vários os que, com dimensões iguais, podem ser adequados para alcançar um mesmo objeto.
- A simplificação do trabalho da elaboração do projeto e a diminuição das possibilidades de erro.
- O aumento da produtividade graças à padronização
- A especialização da produção.

À unidade do sistema de medidas denomina-se módulo. Este é o máximo divisor comum, a partir do qual todas as medidas podem ser deduzidas por adição ou por multiplicação. Quando todas as dimensões da obra são realmente múltiplos do módulo e existe entre tais dimensões relações facilmente aplicáveis, consegue-se para o sistema a mútua coordenação de medidas.

A construção industrializada é um campo de atividade em que é estritamente necessária uma estreita colaboração dos engenheiros e arquitetos entre si e com a produção, desde as primeiras fases do projeto. O primeiro tem de criar formas harmonizáveis com a engenharia, e

o segundo tem de pensar no caráter arquitetônico das formas que produz. Isto tem relação com a parte construtiva do projeto, já que devem concordar formas e materiais, tanto como com as formas e os aspectos do interior e do exterior. A técnica da industrialização constitui um importante tema ao planificar e projetar.

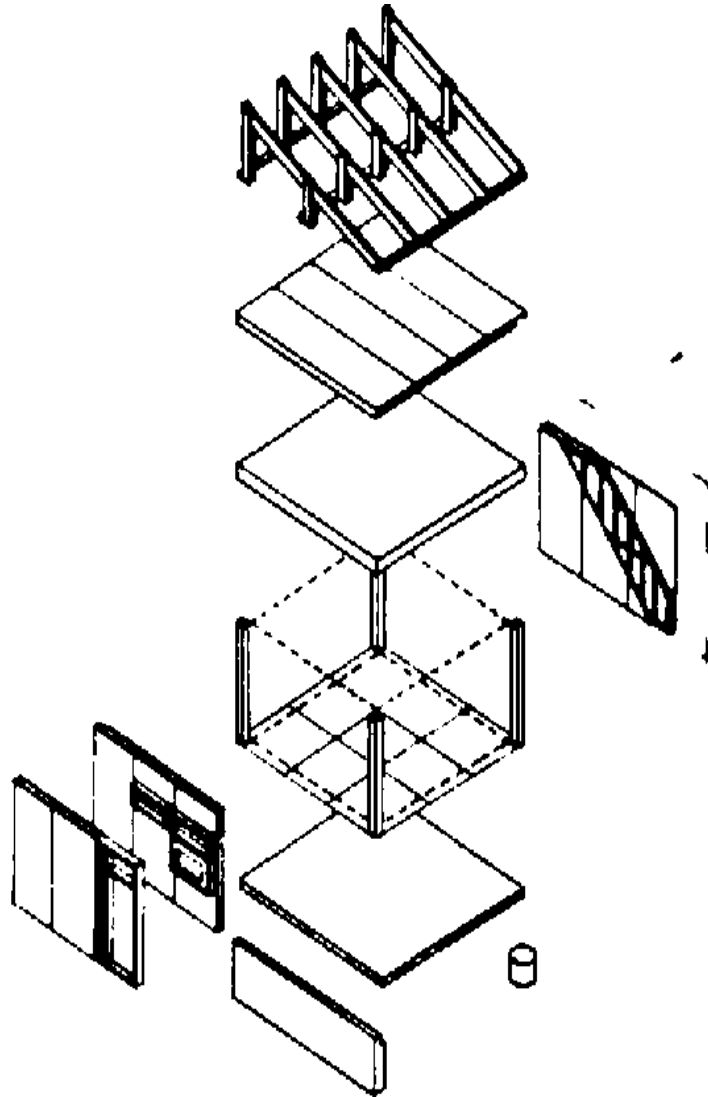


FIGURA 03 – DECOMPOSIÇÃO EM COMPONENTES (Mandolesi – 1981).

O trabalho de projeto nas construções industrializadas exige uma maior quantidade de detalhes além de uma considerável minuciosidade no mesmo. Isto é mais acentuado nas produções em massa, onde o encurtamento do tempo de fabricação ou a redução da quantidade necessária de materiais influem em alto grau na economia do produto. Os tempos de execução das obras são mais curtos na industrialização. Os trabalhos de planificação exigem, pelo contrário, um período de tempo maior. Além disso, necessita-se de muita experiência e conhecimento para dar uma forma construtiva fácil aos distintos elementos industrializados e a seus encaixes e uniões. Quando se trata de um primeiro projeto com peças industrializadas, o menor de seus detalhes demanda, com freqüência, muito tempo. Uma vez que se habitua a trabalhar com elementos industrializados esse trabalho difícil e pesado transforma-se num elemento facilitador.

2.7- Princípios básicos construtivos

Finalmente, a construção industrializada se configura ao aproveitar e tirar partido das mútuas relações existentes, por uma parte, entre as circunstâncias características da obra e, por outra, entre as possibilidades e facilidades para a sua execução.

Há de se considerar sempre que, em alguns casos específicos, um sistema tradicional de construção pode ser mais econômico do que um sistema industrializado.

A respeito das formas e disposições construtivas regem os seguintes princípios básicos:

- A obra deve ser feita com um certo número de componentes. Entendemos por componente cada peça construtiva que desempenha na obra uma determinada função. Por exemplo as janelas, os pilares, etc.
- Em matéria de componentes, deve haver o menor número possível de variações dimensionais. Esses podem, em todo caso, ser fabricados com os mesmos moldes, é a produção em série.
- Devem ter fáceis combinações e estas devem variar o menos possível, com o que sua montagem poderá ser feita por métodos padronizados e com os mesmos equipamentos.
- Os componentes devem, dentro do possível, estar previstos para várias funções. Isso sempre traz resultados de economia.
- Os componentes devem ser fabricáveis mecanicamente, ou pelo menos, a base de um alto grau de mecanização.
- Os componentes devem corresponder a uma mesma categoria de pesos, com a qual podem ser economicamente montados com um mesmo equipamento. De uma maneira geral há categorias distintas em que classificamos os componentes:
 - componentes de fabricação simples, facilmente transportáveis, que possam ser fabricadas em uma oficina e que em sua maioria, sejam peças lineares de tamanho não muito grande, e componentes pequenos de fechamento de locais;
 - componentes de grande formato de tipo superficial, fabricados mecanicamente, que desempenhem simultaneamente as funções de suportar cargas e de fechar espaços, que necessitem de pouco trabalho de montagem na obra e que, eventualmente, possam ser fabricadas nela própria;
 - componentes pequenos, fabricados em série que mediante a sua associação possam ser reunidos em estruturas compostas (Blachere,1977).

2.8 - Coordenação Modular

Conforme foi citado no item 2.3, a industrialização da construção civil necessita da coordenação modular para a sua efetiva implementação, considerando-se as características de um processo industrializante, que têm como uma das premissas básicas uma coordenação perfeita entre os seus elementos.

Nesse contexto a coordenação modular entra como a ferramenta que possibilita a integração de tecnologias e materiais, que devidamente normatizados, permite o seu acoplamento. Ela permite a produção em série de cada etapa do processo construtivo, já que o mesmo se enquadra dentro de procedimentos pré concebidos, que eliminam o empirismo e os arranjos de última hora, permitindo um planejamento global, desde a sua concepção até a sua realização plena.

Devido à não separação entre os conceitos de industrialização aberta e fechada e a denominação de “módulo” dada às medidas de referência usadas individualmente em cada processo de industrialização fechada, a coordenação modular tem sido rejeitada por diversos profissionais que assim demonstram um claro desconhecimento da ferramenta e de suas possibilidades.

A coordenação modular se apresenta como um elemento importante, pois possibilita a adequação de qualquer sistema com um reduzido número de variações de cada componente diferente e todos eles ajustados a um padrão dimensional que pode ser concebido de diferentes formas, matematicamente. (Rosso, 1976).

A coordenação modular pode ser entendida como um sistema de medidas ou como uma técnica, mas o certo é que se trata de uma ferramenta essencial à sistematização da industrialização.

Para chegar a isso a coordenação modular emprega uma sistemática de base matemática que permite relacionar as medidas de projeto com as medidas modulares.

Dessa forma são obtidas vantagens de planejamento rigoroso e de execução precisa e econômica, tal como ocorre nos processos industriais, evitando-se recortes com perdas de material, mão-de-obra e tempo.

Concomitantemente ao desenvolvimento dessa sistemática são também necessárias medidas normativas que facilitem a construção, permitindo assim a industrialização dos componentes.

Por ser muito flexível, o emprego da coordenação modular permite a execução de projetos que, num primeiro momento, podem não ser totalmente modulados, mas são passos importantes para a efetiva transformação da indústria da construção civil para moldes realmente industriais de forma gradativa, sem grandes dificuldades.

A aplicação da coordenação modular permite também o uso de métodos tradicionais de construção. Observa-se ainda que sua adoção nos projetos não limita a liberdade de criação na concepção dos projetos, diferentemente do que ocorre quando da adoção de sistemas ou componentes padronizados simplesmente, como nos sistemas fechados de construção industrializada.

Apesar das reservas de muitos arquitetos, muitas vezes por desconhecimento, os projetos tornam-se mais racionalizados, porém em nada monótonos ou repetitivos, contando logicamente, com a contribuição dos mesmos, pois segundo Bruna "A racionalização dos projetos deve ser feita com a colaboração dos arquitetos e não contra eles." (Bruna, 1976)

A coordenação modular traz várias conseqüências para o processo construtivo:

- I – O projeto, mais racionalizado, passa a ser mais complexo, na medida em que tem de ter mais detalhes de execução;
- II – Facilita a normalização dos componentes da construção considerando as juntas e tolerâncias necessárias e admissíveis;
- III – Reduz a quantidade de formatos de cada componente com a adoção de medidas modulares;
- IV – Simplifica a execução da obra através da racionalização do projeto, da posição e da montagem de seus componentes;
- V – Melhora a relação e intercâmbio entre autor do projeto, fabricantes dos componentes e executor da obra;
- VI – Otimiza os processos de manutenção e reposição nas unidades construídas, pelo perfeito intercâmbio entre os componentes. (ABNT – NBR 5731, 1982).

O uso da coordenação modular é ferramenta indispensável para a racionalização da construção, do projeto à execução, por meio de um sistema aberto de construção industrializada.

A coordenação modular na construção não se restringe a somente um determinado processo construtivo. Sua aplicação serve de base a qualquer processo construtivo, desde os de construção tradicional, até a industrialização total. Isto permite que o processo industrializante possa ser implementado gradativamente. Permite também a utilização do sistema construtivo mais adequado ao desenvolvimento industrial, contribuindo com a redução de custos e aumento da qualidade do produto final.

Um dos seus princípios fundamentais está na escolha do módulo base. Devemos entretanto entender que esse módulo deverá ser a referência para a inter-relação entre as dimen-

sões dos componentes da edificação à qual se destinam. O módulo base tem funções importantes dentre as quais destacam-se:

- é o denominador comum de todas as medidas coordenadas;
- é o acréscimo unitário de toda e qualquer dimensão modular, a fim de que a soma ou a diferença de duas dimensões modulares também seja modular;
- é um fator numérico, expresso em unidades do sistema de medidas adotado, ou razão de uma progressão (BNH / IDEG, 1978).

Na determinação da medida há alguns fatores que deverão ser considerados. São eles:

- I – A medida do módulo base deve ter um tamanho grande o suficiente para permitir uma inequívoca correlação entre as medidas modulares dos componentes e as medidas dos espaços do projeto.
- II – O módulo base deverá ser pequeno o suficiente, para que a sua repetição seja abrangente o suficiente a todas as dimensões dos elementos do universo industrial, representando uma unidade de incremento de uma dimensão modular à seguinte, com o intuito de reduzir ao máximo as alterações que se farão necessárias nos elementos existentes, para ajustá-los à medida modular mais próxima e nos espaços previstos no projeto.
- III – Na eleição do módulo base deverá ser escolhida a maior medida possível, a fim de proporcionar uma menor variedade de produtos.
- IV – Com o intuito de facilitar a sua aplicação, a medida do módulo base deverá ser um número inteiro, que se caracterizará por ter uma relação numérica clara com o sistema de medida escolhido (Caporioni *et al*, 1971).

Porém deve ser ressaltado que a fixação de um módulo base, que se considera de 10 centímetros como o ideal, não exclui do sistema de coordenação modular os elementos construtivos que têm, por características próprias, dimensões menores que o módulo. Esses casos particulares serão cobertos pela inserção no sistema de medidas sub-modulares, que terão como exigência única a definição de suas dimensões como frações do módulo. Mas as frações do módulo só podem ser usadas para medidas menores que este. Caso contrário perde-se toda a finalidade da ferramenta.

Em qualquer construção, duas etapas existem distintamente: o projeto e a execução.

Visando uma construção enquadrada nos procedimentos da coordenação modular, o projeto, fase anterior à execução da obra, deve possuir uma série de elementos explicativos, bem detalhados, que concentrem todos os elementos necessários a uma execução perfeita e sem contratempos. É considerado aqui que o projeto é desenvolvido nas seguintes etapas: o estudo preliminar, o anteprojeto e o projeto final, com um projeto executivo.(BNH,1978).

Ao projetar, deve haver a preocupação com o todo, racionalizando e concatenando espaços e componentes, dentro das referências estabelecidas pelo módulo (figura 04) e coordenando as posições dos elementos dentro da construção. Isso facilita a realização do próprio projeto que tem assim uma representação mais simplificada e também facilita a montagem dos componentes na fase de execução da obra, reduzindo a necessidade de ajustes e cortes.

Pela coordenação modular, a atividade de projeto é valorizada já que sua execução se dá sem ajustes ou adaptações, o que implica um projeto bem elaborado e com exigências de controle de qualidade (figura 05).

Até então estão sendo abordados os desenhos do conjunto arquitetônico: plantas baixas, cortes, fachadas, etc. Porém, dentro do exposto, já há uma sinalização óbvia do nível de projeto que a coordenação modular exige. Os elementos de conjunto não são suficientes para suprir as necessidades da construção. Para tanto são necessários desenhos complementares de detalhes que indiquem a forma e medidas de cada componente (figura 06), bem como, em uma fase posterior, a maneira como cada componente se acopla aos demais, prevendo, quando necessário, suas juntas, tolerâncias, e a melhor forma de ajuste. Este trabalho está mais sob a responsabilidade dos projetistas dos componentes do que dos arquitetos.

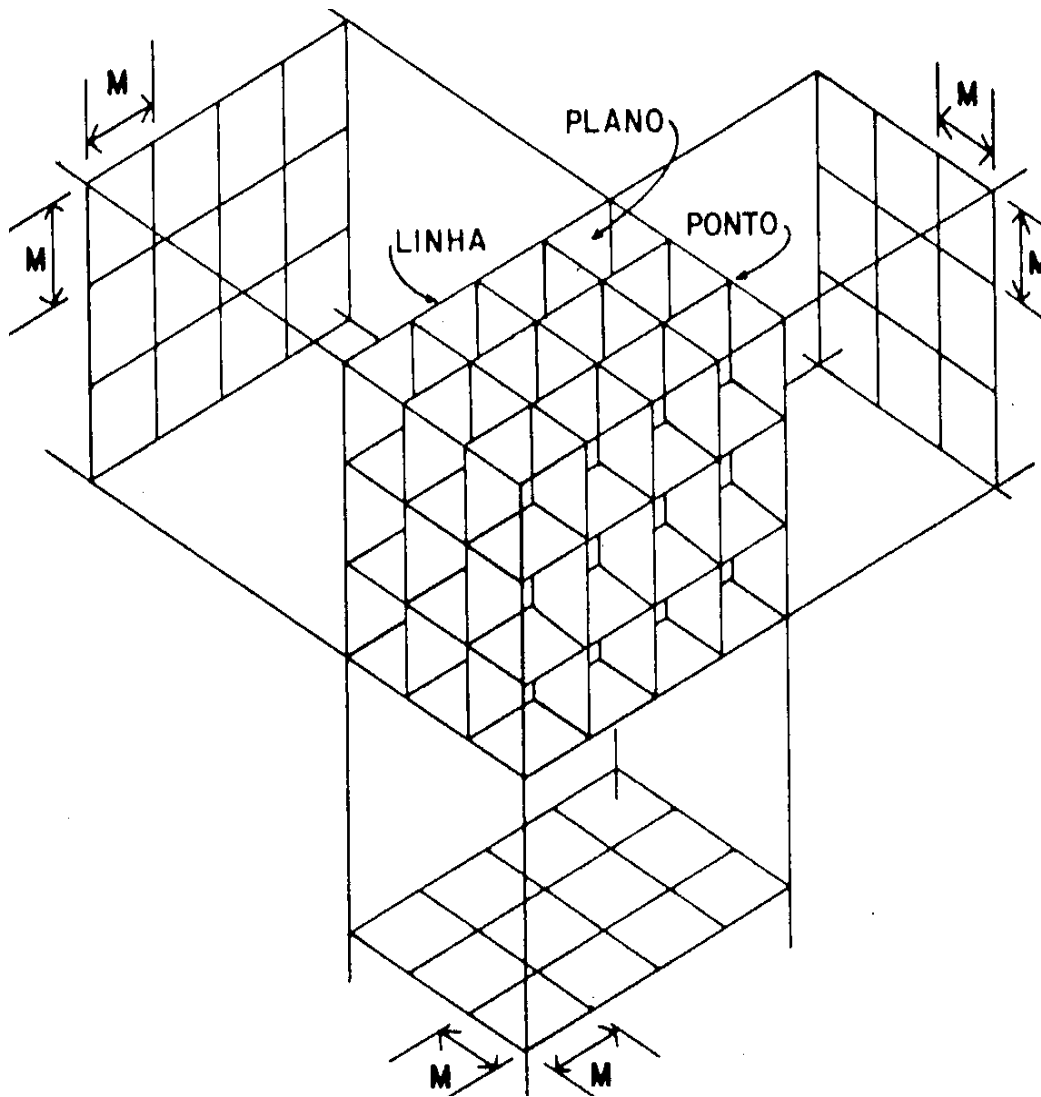


FIGURA 04 – RETICULADO MODULAR ESPACIAL DE REFERÊNCIA
(BNH / IDEG, 1978).

Assim sendo, com as indicações de detalhes modulares, não só tem-se tudo quanto à forma e tamanho dos componentes, indispensáveis para a sua fabricação, como também a sua posição referida e determinada, quer seja para a execução do projeto modular como também para sua aplicação na execução da obra. Na determinação das juntas necessárias devem ser consideradas, além das características dos componentes, de modo a obter a sua união com os vizinhos, as tolerâncias de fabricação desses componentes.

A execução da obra que foi concebida dentro dos parâmetros da coordenação modular não apresenta transformações radicais quanto aos processos de construção. Ao contrário, permite a adoção de técnicas e processos dos mais simples aos mais sofisticados. Contudo observa-se ser necessária a atenção a certos cuidados e certas diferenças, das quais resultam vantagens próprias do uso da coordenação modular.

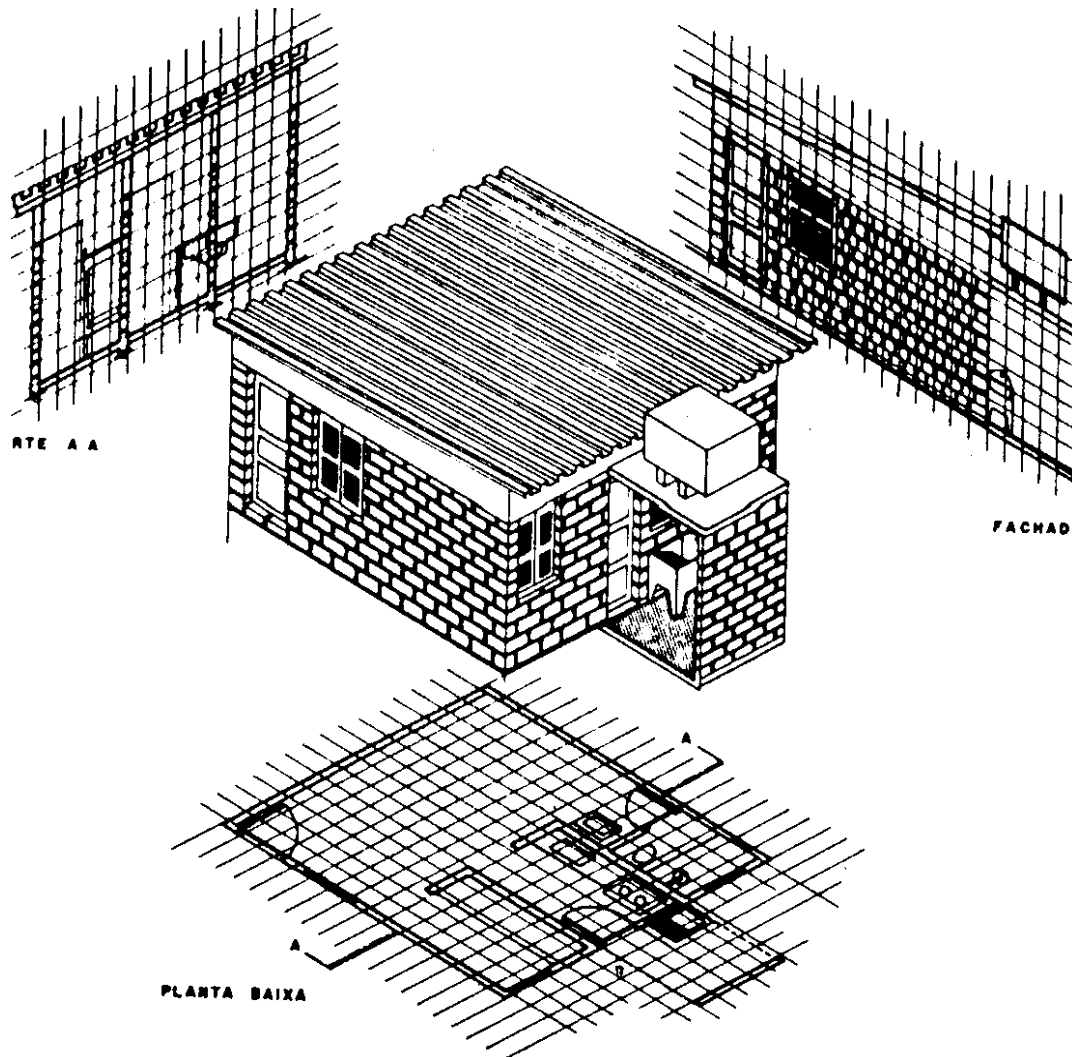


FIGURA 05 - EXEMPLO DE PROJETO MODULAR (BNH / IDEG, 1978).

A obra deve ser bem marcada e encaixando-se dentro das previsões que foram referência na concepção do projeto. A escolha das linhas base de marcação é feita em função do módulo, utilizando o projeto e todos os procedimentos nele previstos por particularidades da execução da obra.

A colocação dos componentes também deve ser feita conforme as previsões de projeto e detalhamento, ocupando cada componente o seu devido espaço modular pré-determinado. Elimina-se desse modo, um problema sério da construção civil tradicional, que é o dos recortes e acertos executados no local, com perdas de materiais, tempo e de mão-de-obra. A redução do número de dimensões das peças, obtida por um estudo da aplicação das medidas modulares para cada tipo de componente, também facilita a execução da obra.

Com tudo isso torna-se necessária uma mão-de-obra mais qualificada, que deve ter treinamento adequado para que siga os procedimentos que foram indicados, e que, dentro dos limites aceitáveis, ignore seus vícios de execução em prol de algo maior que é um produto final mais bem acabado e de menor custo.

Logicamente, só a aplicação efetiva do sistema de coordenação modular indica, com mais segurança, quais as normas de serviço e as especificações que devem ser adaptadas para orientar e controlar essa execução.

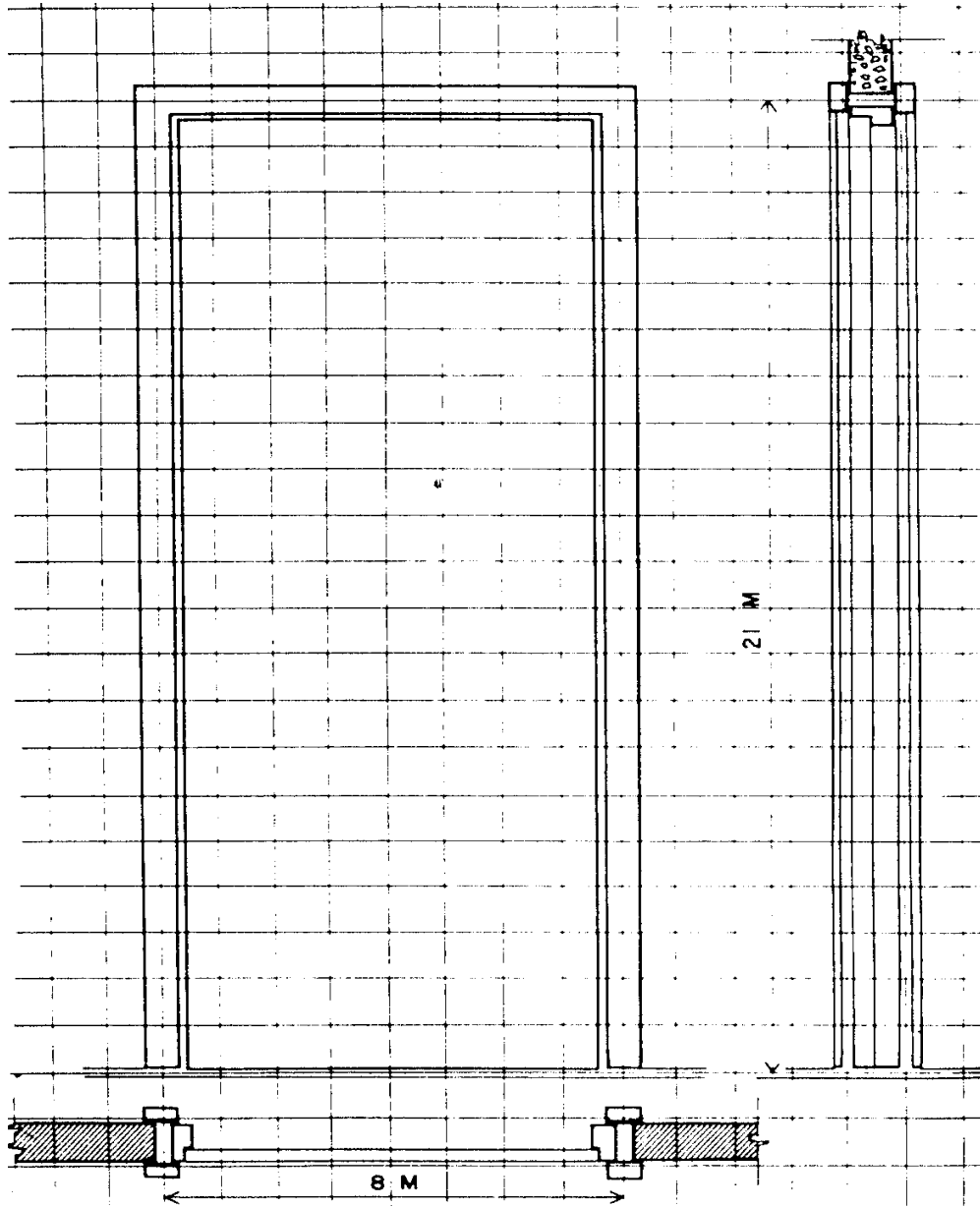


FIGURA 06 - EXEMPLO DE DETALHE DE COMPONENTE MODULAR (BNH / IDEG, 1978).

3- A INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL

3.1 - Introdução

Ao ser abordada a industrialização no Brasil vê-se como necessária uma análise dos fatores locais que sempre se colocaram como barreiras a uma efetiva implantação de processos industriais.

Dentro do contexto econômico existente hoje no Brasil e diante dos notáveis avanços tecnológicos em todas as áreas do conhecimento, a construção civil não poderia ficar à margem desse desenvolvimento. Observa-se assim, que são muitas as iniciativas no sentido do desenvolvimento e implementação de novas tecnologias de processos construtivos.

Em outros países, a industrialização da construção civil é uma realidade, porém no Brasil, apesar de haver sinalizações nesse sentido, não é constatado um desenvolvimento significativo no campo da industrialização da construção civil. Isso porque até então o que se tentou com esse intuito foi feito de forma isolada, dissociada de todo e qualquer pensamento globalizado e que considerasse a continuidade dos processos, bem como a manutenção futura.

Porém, é falso sustentar que existem obstáculos às iniciativas, que impediriam a evolução. Esses supostos obstáculos servem de desculpa a muitos, pois justificam os fracassos e dispensam o esforço em se lançarem.

Um obstáculo às iniciativas sempre invocado é o da regulamentação, que muitas vezes é vista como um conjunto de normas proibitivas que impedem o desenvolvimento de novas e boas idéias. Porém, nunca um regulamento se opõe a uma boa idéia. O que representa um obstáculo, é o desconhecimento, não o regulamento, é a realidade, a ação de que é necessário. Um regulamento bem elaborado torna simplesmente obrigatório o que todo homem sábio se imporia a si mesmo.

Outro obstáculo assinalado é a insuficiência da série. Já existem sistemas de construção que, a nível de investimento, não requerem uma grande produção para serem amortizadas. Até agora são estabelecidas as séries necessárias para cada sistema industrializado (sistema industrial fechado). Se uma clara vantagem estivesse ligada a pedidos maiores é muito provável que esses seriam feitos.

É necessário compreender que o grande contrato, ou a produção garantida não são pedidos só por razões técnicas, mas também muito pela comodidade financeira do contratante ou do arquiteto.

Isso tem sido assim até hoje, porém não se pode afirmar que será assim indefinidamente. Pelo contrário, pode se ter a certeza de que as dificuldades financeiras das empresas dificultam a pesquisa e o desenvolvimento. Porém não se deve dizer, por isto, que as iniciativas têm sido freadas até o presente. Aliás é necessário ser muito preciso nas considerações a esse respeito, pois toda falsa razão é uma forma de desânimo a si mesmo e aos demais. (Graeff, 1990).

Outro obstáculo que é visível é a falta de conhecimento científico por parte dos envolvidos no processo da construção civil. Na maior parte dos campos industriais, aqueles que projetam tem uma sólida cultura científica, aprenderam as ciências concernentes ao seu ofício, crêem que é possível prever os problemas aplicando as leis da física, crêem que podem ser feitas experiências, tirar um resultado e aplicá-lo. Quando se serve das ciências, a produtividade da criatividade é a habitual em todos os campos.

A situação na construção civil é muito distinta daquelas onde os pesquisadores buscam a solução de um problema novo.

Inovar na construção é buscar a satisfação de uma necessidade, é entrar em um mercado competitivo. Assim sendo, as soluções têm de ser imediatamente, ou quase imediatamente competitivas.

Os industriais acreditam que, se um produto dentro do mercado da construção civil, tem um diferencial de qualidade, ele pode ser comercializado a preços superiores ao nível es-

tabelecido pelo mercado. Isso só é possível dentro de um quadro de industrialização. E considerando que se terá uma provável diminuição nos valores dos componentes e um provável aumento na mão-de-obra, vai-se caminhando para uma situação de iminente aumento da mecanização.

De todas as formas, não se pode prever que obstáculos serão encontrados nas futuras etapas da industrialização no Brasil.

Além disso, todas as tentativas de que se tem notícia não consideraram de maneira efetiva a relação entre o custo e a qualidade nas construções, ficando difícil a implantação de um processo industrializado de construção como nos países desenvolvidos.

3.2 – A construção civil no Brasil

Será analisado então, de forma generalizada, como se processa a construção civil no Brasil.

Um pequeno percentual das construções se adequa ao contexto da legalidade, da técnica, e executa seus projetos planejadamente, cumprindo todas as etapas que precedem a execução da obra propriamente dita, ou seja, fazem projetos, cronogramas, contratam profissionais, e têm em mãos todos os subsídios necessários à execução da sua obra, que poderá ser ou não executada por um profissional habilitado engenheiro ou arquiteto, ou por um construtor de sua confiança, sem habilitação acadêmica, mas com vasta experiência na área de construção.

Outra forma de concepção da construção, (utilizada pela grande maioria), é a dos auto construtores que, baseados em uma necessidade existente e emergente, executam suas edificações por conta própria, sem nenhum tipo de projeto ou planejamento preliminar. Utilizam suas próprias habilidades, ou contam com a ajuda da sua comunidade, onde cada vizinho participa com seu trabalho, dentro de sua experiência profissional, no intuito de colaborar com o semelhante.

Em ambas as situações acima descritas, além do fato de estarem construindo, há a necessidade de ambos adquirirem e utilizarem materiais/componentes de construção ou uma tecnologia qualquer, porém, a maneira dessa aquisição é diferenciada:

- No grupo que fez o planejamento precedente à execução, a aquisição dos materiais/componentes se faz de forma ordenada e controlada, seguindo detalhamentos e especificações que podem ter sido feitos na fase de planejamento. Essas compras ordenadas e planejadas, são baseadas em listagens que teriam sido geradas a partir dos projetos, e obedecem ao plano de desembolso que por ventura existir. As compras são feitas em quantidades grandes, com uma incidência pequena de compras erradas ou desnecessárias, ficando o consumo final bem próximo daquilo que foi planejado.
- No grupo que não tem nenhum tipo de planejamento, a aquisição dos materiais/componentes se faz de forma desordenada, sem controle. Os fatores determinantes das compras são aqueles necessários ao atendimento das necessidades imediatas da construção, em função das definições que são feitas no decorrer da obra. Tudo regulado, logicamente, pela capacidade de compra do proprietário, que vai adquirir, da forma que lhe é possível, o suprimento ao bom andamento dos trabalhos, fazendo muitas das vezes compras parceladas, para então, quando estiver devidamente suprido, dar início ou continuidade aos trabalhos de execução.

Independentemente da forma de aquisição desses materiais/componentes é de bom tom que se ressalte o fato de que estamos falando dos mesmos materiais e das mesmas necessidades, cumprindo as mesmas funções dentro do objeto construído, abordadas e atendidas de forma diferenciada.

Esse contexto que foi apresentado, baseado nas duas situações distintas demonstradas anteriormente, é aquele no qual deverão ser concentrados os esforços no sentido de uma maior disseminação de novos materiais e tecnologias. Isso será possível a partir do momento

em que estes se coloquem em condições de substituição plena, ou de intercâmbio com os tradicionais.

É necessário vencer a resistência às inovações, por parte dos que historicamente se utilizam do tradicional, seja por falta de conhecimento desses materiais novos, seja por falta de confiança neles, ou qualquer que seja o motivo.

Para que isso ocorra se faz necessária uma padronização dimensional dos componentes, pois qualquer material ou tecnologia, por mais criativo, revolucionário, ou alternativo que seja, não será o substituto que sepultará e levará ao abandono o uso do tradicional. Deve ser considerada a existência de uma convivência inevitável entre tradicional e novo, com ambos coexistindo e se completando. Essa preocupação com a padronização dimensional de materiais e componentes projeta um cenário mais amplo, que permitirá a racionalização das construções.

Num quadro de construções racionalizadas, não se pode esquivar do problema da manutenção dessas construções. A edificação foi concebida para existir e ser usada. Assim sendo, deve haver uma preocupação com a reposição dos componentes, fato que se tornará possível através da coordenação modular, aceita e respeitada por todos, fabricantes, projetistas e construtores. Isso garantirá a continuidade de qualquer processo de desenvolvimento e implementação de tecnologia ou material novo. É a garantia de que os investimentos aplicados terão retorno.

Um outro fator que conduz também, fatalmente, à separação freqüente entre construção e indústria de materiais é o despreparo e a falta de continuidade e padronização da mão-de-obra, perdendo-se no decorrer dos tempos, em determinadas regiões, até mesmo algumas das conquistas técnicas mais importantes, como é o caso da padronização de componentes básicos já conseguida pelos romanos. Nessas regiões onde isto ocorre, a qualidade da mão-de-obra sofre uma piora progressiva, pois os oficiais, os verdadeiros artesãos, desaparecem. Os melhores preferem ocupações mais vantajosas que as outras indústrias oferecem. E como, segundo Levinson, " O problema da industrialização da construção tem correlação direta com a da mão-de-obra"(Levinson, 1976), qualquer processo industrial é prejudicado num quadro como este.

Os que ficam na construção são os deslocados, os analfabetos, os nômades, os migrantes, as vítimas do fenômeno urbano. Isso contribui para um aumento do desperdício de materiais e queda da produtividade da mão-de-obra. (Rosso, 1980).

Em resumo, pode-se afirmar que o baixo rendimento operacional da indústria da construção, em países como o Brasil, está diretamente relacionado a vários fatores negativos:

- dispersão e independência nas decisões;
- descontinuidade e fragmentação na produção;
- baixa produtividade da mão-de-obra e elevado desperdício de materiais.

Considerando-se o que foi colocado, não tem sentido tentar transformar a construção numa indústria na acepção mais correta da palavra, sem antes definir em termos rigorosamente racionais, a inter-relação entre arquitetura e indústria.

Além disso, todas as tentativas de que se tem notícia não consideraram de maneira efetiva a relação entre o custo e a qualidade nas construções, ficando difícil a implantação de um processo industrializado de construção como nos países desenvolvidos.

Acompanhando as transformações da formação social brasileira, como reflexo das sucessivas políticas econômicas adotadas pelo estado, a indústria da construção assumiu sua configuração atual.

Uma característica da construção civil é sua capacidade de geração de emprego. As transformações estruturais da economia brasileira nas últimas décadas foram acompanhadas pela liberação de mão-de-obra do setor primário e pelo incremento dos fluxos migratórios em direção aos centros urbanos.

O argumento de que o setor tem uma importância para o desempenho global da economia enquanto gerador de empregos serviu por muito tempo como obstáculo à adoção de

políticas visando à modernização da construção civil, particularmente para impedir o avanço tecnológico na construção habitacional.

Hoje, o que acontece é uma busca constante do desenvolvimento tecnológico, tomando-se o cuidado de não obstruí-lo em nome do aumento do nível de emprego. Em paralelo a isso intensificam-se os processos de industrialização e racionalização visando a redução dos custos de produção, a melhoria nas condições de trabalho e aperfeiçoamento profissional para a valorização da mão-de-obra. Porém, essas iniciativas, como já foi sinalizado no início desse capítulo, não são concebidas de forma organizada ou racionalizada.

Só se alcançará o objetivo da efetiva industrialização no Brasil se for conseguida a introdução de métodos e técnicas que permitam o aumento da produtividade com um menor custo e uma maior qualidade, sem o caráter artesanal que hoje predomina, e inseridos dentro de um contexto global de adequação e continuidade.

O que se entende com o exposto é que no Brasil falta uma racionalização e normalização dos elementos, independentemente da tecnologia adotada. Deverá haver uma normalização dimensional, baseada em uma coordenação modular aceita e respeitada por todos, fabricantes, projetistas e construtores. Vemos o estabelecimento de normas como uma contribuição indispensável a qualquer processo industrializante. É uma ação de longo prazo, mas imprescindível dentro do quadro de um desenvolvimento equilibrado da industrialização da construção no Brasil.

Tudo isso só será possível se houver um esforço conjunto no sentido de serem criadas condições ao desenvolvimento de tecnologias adequadas à realidade brasileira e inseridas num contexto global que garanta a sobrevivência e a continuidade destas tecnologias.

Assim sendo a indústria da construção só garantirá a continuidade de seu trabalho nos canteiros industrializados baseados em alguma tecnologia, se estas forem concebidas dentro de um pensamento de interação entre as várias tecnologias, além de uma racionalização e normalização de materiais e técnicas construtivas, como já acontece em outros países.

O Brasil têm condições para tal, pois a própria história recente demonstra que foram muitas, nas últimas décadas, as iniciativas visando a industrialização da construção. Muitos foram os sistemas criados. Um exemplo que bem ilustra essa afirmação é o “Catálogo de Processos e Sistemas Construtivos para Habitação”, editado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, em 1998. Nesse catálogo, vários sistemas construtivos são apresentados e detalhados, inclusive com a indicação de sua aplicação. Acontece, porém, que todos os sistemas foram concebidos como sistemas industriais fechados, de maneira que não permitem uma associação ou intercâmbio com outros sistemas ou componentes de outros sistemas, nem tão pouco com os materiais tradicionais. Assim sendo, foram criados produtos exclusivos. Quando por qualquer motivo, essas iniciativas cessam, com os componentes, ou o próprio sistema deixando de ser fabricado, ocorre que não há como fazer nenhuma intervenção de acréscimo, reposição ou manutenção nas construções. Estas ficam então, sujeitas a ações improvisadas, quando não chegam a ser demolidas para serem reconstruídas com outro sistema, ou até mesmo com o sistema tradicional.

Um exemplo bem conhecido no Rio de Janeiro, desse tipo de ocorrência, são as “Escolas do Lelé” (Lima, 1986), projeto arquitetônico muito bem resolvido de construções de argamassa armada criadas pelo arquiteto João Figueira Lima, o “Lelé”, na década de 80. São construções que foram utilizadas para escolas e postos de saúde, sempre em sistema industrial fechado. Inicialmente na Bahia, depois foram adotadas em vários estados, sempre amparadas em iniciativas governamentais. No Estado do Rio de Janeiro, essa tecnologia teve ampla aplicação em escolas e postos de saúde, sendo criada uma fábrica de componentes, condição essencial para a adoção do processo, para atender a demanda das construções.

Por razões diversas, a fábrica de componentes foi fechada e não há como fazer a manutenção e/ou reposição nas unidades construídas, muitas das quais em precário estado de conservação. Assim sendo, tem sido, em alguns casos, promovida até a completa demolição com a reconstrução de novas unidades com técnicas tradicionais.

Vê-se também como necessário o intercâmbio entre as várias tecnologias, inclusive com as tradicionais, objetivando a produção de componentes normalizados e modulados, den-

tro da concepção de sistemas abertos . A edificação é um organismo complexo, que deve se acomodar a várias e diferentes condições. Se a produção de edifícios idênticos já se mostrou como não recomendável, isto não significa que os componentes não possam ser disciplinados, normalizados e modulados. Não se tem notícia de uma indústria que tenha se desenvolvido sem a normalização de seus produtos. Pequenas variações no tamanho e nos arranjos dos edifícios dificultam e impedem a adoção de métodos industriais de produção. Essas variações, na prática, não são exigências do consumidor, mas resultam do desejo de originalidade dos projetistas. Mas a personalização não está vedada. Há a possibilidade de uso de elementos/componentes personalizados. Para tal é necessário que se pague a mais por eles. O fator determinante da utilização ou não desse elemento/componente especial será a relação custo/benefício dos mesmos.

O que ocorre hoje, no Brasil, é que se paga mais por todas as edificações, e não somente por aquelas especiais.

Existem tentativas de racionalização dos projetos que passam pela preocupação de adequação do concebido a algum sistema construtivo dito modular, mas normalmente fechado. Ainda não é o ideal , mas é um primeiro passo no sentido de chegar a uma normalização mais completa, atingindo também os componentes e materiais de construção, com as concepções do sistema industrial aberto.

4- CONCLUSÕES

4.1 – Aspectos gerais

A Industrialização, como foi abordada no capítulo 1, é uma conseqüência da evolução do ser humano na sua busca por uma vida melhor. É também o fruto da experimentação e do desenvolvimento das técnicas que, aplicadas cientificamente, originam as tecnologias.

Por outro lado, “a racionalização é o processo mental que governa a ação contra os desperdícios temporais e materiais dos processos produtivos, aplicando o raciocínio sistemático, lógico e resoluto, isento do fluxo emocional” (Rosso, 1980).

Assim, há de ser considerado que a racionalização é uma companheira da industrialização, porém não é uma condição essencial. Ao contrário, é possível haver produções industriais que estão muito mal organizadas. Desta maneira, as duas noções de racionalização e de industrialização são bem diferenciadas.

Em princípio, a industrialização da construção está associada à necessidade de integração. Suas fases devem interagir coordenadamente entre si. Nesse processo, pessoas ou organizações diferentes participam na concepção e na realização de um projeto ou de um produto, objetivando que não ocorram perdas de tempo, erros e repetições, situações incompatíveis com qualquer processo de industrialização.

Na construção industrializada, como na maior parte das indústrias, a concepção deve ser compartilhada por muitos projetistas. A sucessão de responsabilidades não torna menos importantes os contatos entre os diversos setores envolvidos no processo. Isto é devido à necessidade de integração total entre as partes, facilitando inclusive a introdução de inovações.

Em geral, os produtos obtidos de processos não repetitivos podem ser fracionados em partes ou componentes, facultando a produção de séries, o que permite a formação de estoques, fundamental para a produção industrial. O processo final é o resultado de operações de montagem, ajustagem e acabamento. Operações essas que exigem um grau elevado de normalização e padronização. Segundo Blachere, 1977, “a padronização, portanto, tem um caráter muito amplo e se afigura hoje como um dos instrumentos básicos da industrialização”.

A padronização dos componentes é pois essencial, pois, além do exposto acima, só por intermédio dela podem ser definidos critérios de controle de qualidade para esses componentes. Um processo industrial é definido essencialmente pela intensidade e pelos níveis de controle efetuado. Também na construção, industrialização significa que, quando um seu componente é fabricado, não conhece quem vai comprá-lo e onde ele vai ser empregado.

A edificação é um organismo complexo, que deve se acomodar a várias e diferentes condições. Se a produção de edifícios idênticos já se mostrou como não recomendável, isto não significa que os componentes não possam ser disciplinados, normalizados e coordenados modularmente. Não se tem notícia de uma indústria que tenha se desenvolvido sem a normalização de seus produtos.

Pequenas variações no tamanho e nos arranjos dos edifícios dificultam e impedem a adoção de métodos industriais de produção. Essas variações, na prática, não são exigências do consumidor, mas resultam do desejo de originalidade dos projetistas. Mas a personalização não está vedada. Há a possibilidade de uso de elementos ou componentes personalizados. Para tal é necessário que se pague a mais por eles. O fator determinante da utilização desse elemento ou componente especial será a relação custo / benefício dos mesmos. A questão fundamental é que hoje, no Brasil, se paga mais por todas as edificações e não por aquelas especiais.

Com relação ao desenvolvimento tecnológico na construção, este se insere através do desenvolvimento e aplicação dos vários processos construtivos que, sistematizados, podem alavancá-la ao patamar da industrialização. Isto com o objetivo de obter uma melhor qualidade, com eliminação dos desperdícios e menores custos, trazendo benefícios tanto aos usuários como às pequenas e grandes empresas.

Ao serem analisados os sistemas construtivos no capítulo 2, foram abordados detalhadamente os sistemas industriais fechado e aberto, analisando suas características.

No sistema industrial fechado, projeta-se uma determinada edificação e cada elemento construtivo funcional é também projetado para ser produzido em série, em uma fábrica, para uma posterior montagem na obra. Na prática, o objeto da construção é decomposto em partes, que são possíveis de ser fabricadas e capazes de ser conectadas, objetivando aquele projeto de edificação. Ou seja, tais componentes são adequados a um tipo específico de edificação e são utilizados unicamente no âmbito de sua produção.

O sistema industrial aberto se baseia no princípio de produzir elementos construtivos funcionais e polivalentes, suscetíveis de serem utilizados em organismos arquitetônicos de distintos tipos e categorias (Mandolesi, 1981). Esse sistema também pode ser concebido através de uma decomposição em partes dos organismos arquitetônicos, que são então padronizadas dentro de uma gama de tamanhos e produzidas em série, industrialmente. Porém sem estar ligado a qualquer tipo específico de edificação, como no caso do sistema fechado.

É uma operação de integração que, graças a determinação de parâmetros coordenantes, permite a utilização dos componentes industrializados numa gama ampla de tipos de edifícios, inclusive pertencentes a categorias diferentes. Por essa razão se chama sistema industrial aberto de construção, pois não são postos edifícios no mercado e sim componentes industrializados para construir edifícios. Sob esse aspecto a construção industrializada por sistema aberto é também chamada de construção por componentes.

Da análise dos sistemas construtivos industriais para a construção civil, conclui-se que o sistema industrial aberto é o mais adequado. Para tal mostra-se como fundamental a padronização de componentes e uma correlação dimensional dos mesmos, sendo a coordenação modular uma ferramenta básica e imprescindível para desempenhar essa função. A coordenação modular, sendo aplicada, promove a integração de todo o processo construtivo, envolvendo projetistas, construtores, fabricantes de materiais, etc.

Verifica-se que a industrialização da construção civil é uma realidade em vários países e é fruto da aplicação desses conceitos abordados anteriormente. No Brasil, porém, conforme demonstrado no capítulo 3, esse processo de industrialização ainda está longe de ser alcançado. Essa situação que vivenciamos é conseqüência de uma série de questões, inclusive financeiras, que se colocaram como obstáculos à implantação da industrialização da construção civil no Brasil. Foram analisadas no capítulo 3, as maneiras como se constrói no Brasil. Dessa abordagem conclui-se que as iniciativas que existiram, ou existem, com a intenção de industrializar o processo construtivo, foram tomadas isoladamente, e dissociadas de qualquer pensamento global, que garantisse a continuidade de tais processos. Tais iniciativas, que não foram poucas, foram concebidas como sistemas industriais fechados, sem possibilidade de um possível intercâmbio com outros sistemas ou com as técnicas tradicionais, ou mesmo com tecnologias iguais. Um exemplo disso é o Catálogo de Processos e Sistemas Construtivos para Habitação, editado pelo IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, que aborda diversos sistemas construtivos. Muitos deles inovadores quando da sua concepção, mas sem nenhuma preocupação com o intercâmbio já mencionado. Tais sistemas não conseguem, em sua grande maioria sobreviver por muito tempo devido a essa falta de inter-relação com outros sistemas e com as técnicas tradicionais. Isto por desconsiderarem a coordenação modular e seus conceitos.

Esse somatório de fatores coloca, ainda hoje, a construção civil no Brasil como sendo uma atividade defasada no tempo, que se utiliza de técnicas rudimentares, que derivam para tecnologias que, quando surgem, são apresentadas como soluções milagrosas, que irão solucionar todas as mazelas que hoje vivenciamos, mas que, com o passar do tempo se mostram incapazes de evoluir e interagir com outras tecnologias e com os processos construtivos tradicionais. Tais tecnologias surgem e desaparecem quase na mesma velocidade.

Deduz-se então que, para a efetiva industrialização da construção civil no Brasil há a necessidade de uma mudança generalizada de postura, em todos os níveis do processo construtivo. Pois é preciso que as novas tecnologias e métodos construtivos se integrem tanto entre si quanto com as técnicas tradicionais.

Nesse contexto, vê-se como necessária a inserção da coordenação modular no pensamento construtivo, que se inicia na formação dos profissionais em todos os níveis, estendendo-se aos canteiros e às empresas de projeto e chegando aos fabricantes de materiais de construção e componentes. Tudo com o intuito de conceber a construção civil como um processo industrial, com componentes produzidos de forma normalizada e modulada, com a sua concepção baseada nos preceitos dos sistemas abertos.

Muito há a evoluir, de modo que a industrialização da construção civil no Brasil seja alcançada, com plena aceitação da sociedade, em especial daqueles que diretamente seriam beneficiados por sua utilização.

Cabe ressaltar que a industrialização da construção civil pode acontecer mais facilmente pela evolução dos processos que estão sendo utilizados. Essa evolução sendo fruto da experimentação, aplicação e desenvolvimento, que leva a um contínuo aperfeiçoamento desses processos.

Isto pode ser feito de forma natural, considerando que, havendo a implementação gradual da correlação dimensional, e sabendo-se que processos industriais podem conviver com os métodos tradicionais, pode-se conseguir que a industrialização venha se implantar sem cortes ou transformações bruscas, que provocam uma reação instintiva contra qualquer mudança. Isto permite também que um material novo possa ser inserido na obra, adequando-se aos inúmeros materiais já existentes, seus parceiros nos mais diversos empregos, e seu uso se torne acessível a todos os que trabalham com ou para a construção civil. Do arquiteto ao industrial.

A adoção de procedimentos industriais para a construção civil passa pelas universidades e pelas entidades de classe. Este processo deve objetivar a formação do profissional e a informação do usuário individual para que este o compreenda. Cada um, em seu limiar, contribuindo para que a idéia de industrialização da construção civil no Brasil seja difundida com plena aceitação do processo e com programas de incentivo à difusão de seus princípios.

Acrescente-se que, para se chegar à construção industrializada são necessários profissionais qualificados, engajados com a idéia e com autonomia e responsabilidade para empreender uma ação voluntária de desenvolvimento das soluções recomendáveis.

Muito há para ser feito, mas há a possibilidade de num futuro não muito distante ter-se uma aplicação bem difundida do sistema, pois a industrialização é um requisito fundamental para a racionalização da construção.

Inovar é difícil, são muitas as barreiras a serem transpostas, mas para seguir adiante é preciso escolher bem e persistir.

4.2 - Recomendações

Após a análise feita nas fases anteriores e constatando ser possível tornar a construção civil uma atividade industrial, são feitas recomendações de alguns procedimentos, podem colaborar para o processo de industrialização da construção civil no Brasil.

Tais procedimentos passam por mudanças que levam a uma nova concepção em praticamente todas as fases do ato de construir, uma vez que o primeiro procedimento é justamente a visão da construção como um todo interrelacionado e indissociável de todas as fases que devem se coordenar entre si. Outros procedimentos são:

- Adequação dos programas das universidades com disciplinas que insiram os conceitos básicos de industrialização e racionalização, em especial de coordenação modular;
- Difusão da Coordenação Modular como ferramenta básica para o processo produtivo industrializado;
- Integração entre todas as fases do processo construtivo desde a concepção até a operação e manutenção;
- Intercâmbio entre fabricantes de materiais, prestadores de serviços e projetistas, visando desenvolver um sistema de correlação dimensional;

- Integração maior na formação dos arquitetos, da forma com a técnica, para que os mesmos assumam a sua posição de coordenadores do processo de **união da indústria com a criatividade**.

A partir desses princípios básicos, os procedimentos individuais de cada parte do processo construtivo, distintamente, estarão inseridos harmoniosamente no todo que constitui a edificação, tornando possível racionalizar a construção no Brasil, por meio de processos industriais.

Muito há a percorrer, mas a dinâmica desse processo, bem como as suas dificuldades, devem ser o estímulo maior para a busca desses objetivos. Esse trabalho não é estanque, nem se limita ao que foi abordado aqui. A intenção é que ele sirva de estímulo ao desenvolvimento de outros trabalhos, que contribuam para a complementação da idéia central.

A industrialização da construção implica numa visão ampla e integrada do processo construtivo que exige, entretanto, uma abordagem de pontos específicos para que esta integração se dê em todos os níveis e atividades. Em função disto, existem ainda inúmeras questões a serem analisadas, dentre as quais, podem ser citadas:

- A industrialização e os materiais alternativos e sustentáveis;
- A racionalização pela industrialização e o desenvolvimento sustentável;
- Sistemas de certificação de produtos e processos para a industrialização da construção civil;
- Análise da influência da mão-de-obra no contexto de implantação de sistemas industriais racionalizantes;
- Análise econômica da adoção de sistemas industriais racionalizantes;
- Análise das transformações necessárias nos cursos de formação dos profissionais de arquitetura e engenharia objetivando a racionalização da construção civil por meio de sua industrialização.

Contudo não pode ser desconsiderado o papel social do arquiteto, no sentido de atender às necessidades dos mais carentes, porém sem que estes não se esqueçam que são arquitetos e que, apesar de sua função social, não podem se afastar de sua verdadeira atribuição que é a de contribuir para a evolução da construção civil em direção ao seu efetivo enquadramento como uma atividade industrial. Segundo *Levinson* **“É certo que o arquiteto, no âmago de sua criação, é um permanente defensor dos valores sociais, porém é fundamental o seu reencontro com o processo produtivo.”**(Levinson, 1976).

5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E BIBLIOGRAFIA

- ALONSO, Miguel A.; SAINZ, Frederico E, e outros - **Prefabricacion – teoria e prática. Tomo 1** – Editores Técnicos Associados S. A ., Barcelona, Espanha, 1974.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5706: Coordenação Modular da Construção**. Dezembro 1977
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5707: Posição dos Componentes da Construção em Relação à Quadricula Modular de Referência**. Fevereiro de 1982
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5708: Vãos Modulares e Seus Fechamentos**. Fevereiro de 1982
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5709: Multimódulos**. Fevereiro de 1982
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5710: Alturas Modulares de Piso a Piso, de Compartimento e Estrutural**. Fevereiro de 1982
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5711: Tijolo Modular de Barro Cozido**. Fevereiro de 1982
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5712: Bloco Vazado Modular de Concreto**. Fevereiro de 1982
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5713: Altura Modular de Teto – Piso (entre pavimentos consecutivos)**. Fevereiro de 1982
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5714: Painel Modular Vertical**. Fevereiro de 1982
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5715: Local e Instalação Sanitária Modular**. Fevereiro de 1982
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5716: Componentes de Cerâmica, de Concreto ou de Outro Material Utilizado em Lajes Mistas na Construção Coordenada Modularmente**. Fevereiro de 1982
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5717: Espaço Modular para Escadas**. Fevereiro de 1982
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5718: Alvenaria Modular**. Fevereiro de 1982
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5719: Revestimentos**. Fevereiro de 1982
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5720: Coberturas**. Fevereiro de 1982
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5721: Divisória Modular Vertical Interna**. Fevereiro de 1982
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5722: Esquadrias Modulares**. Fevereiro de 1982
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5723: Forro Modular Horizontal de Acabamento (Placas, chapas ou similares)**. Fevereiro de 1982
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5724: Tacos Modulares de Madeira para Soalhos na Construção Coordenada Modularmente**. Fevereiro de 1982
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5725: Ajustes Modulares e Tolerâncias**. Fevereiro de 1982
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5726: Série Modular de Medidas**. Fevereiro de 1982

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5727: Equipamento para Complemento para Habitação na Construção Coordenada Modularmente.** Fevereiro de 1982
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5728: Detalhes Modulares de Esquadrias.** Fevereiro de 1982
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5729: Princípios Fundamentais para Elaboração de Projetos Coordenados Modularmente.** Fevereiro de 1982
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5730: Símbolos Gráficos Empregados na Coordenação Modular da Construção.** Fevereiro de 1982
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5731: Coordenação Modular da Construção.** Fevereiro de 1982.
- BENEVOLO, Leonardo – **História da Arquitetura Moderna** – Editora Perspectiva, São Paulo, 1994.
- BIRULES, Francisco Basso, e outros. **Pré – fabricacion e Industrializacion en la Construcion de Edificios** - Ed. Técnicos Associados, Barcelona, 1968.
- BLACHÉRE, Gerard - **Tecnologias da Construção Industrializada** – Coleção Tecnologia y Arquitetura – Editora Gustavo Gilli, Barcelona, Espanha, 1977.
- BNH / IDEG. **Coordenação Modular da Construção** - Gráfica Portinho Cavalcanti Ltda. Rio de Janeiro, 1978.
- BRUNA, Paulo J. V. - **Arquitetura, Industrialização e Desenvolvimento** - Editora Perspectiva, São Paulo, Brasil, 1976.
- CAPORIONI, GARLATTI, TENCA-MONTINI. **La Coordinación Modular** - Editorial Gustavo Gili, S. A. – Barcelona, 1971.
- CIMINO, Remo – **Planejar para construir** - Editora Pini, São Paulo, 1987.
- CONCEIÇÃO, Edmilson. **Estrutura da Mudança** - Revista “Qualidade Na Construção – SINDUSCON –SP” nº. 16 ano II, 1999.
- CORDEIRO, Ana Cristina da Mota - **Racionalização de Projetos por Coordenação Dimensional** – Dissertação de Mestrado em Arquitetura, FAU/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 1995.
- COUTINHO, Evaldo - **O Espaço da Arquitetura** – Editora Perspectiva, São Paulo, Brasil, 1977.
- ENGEL, Heino. **Sistemas de Estruturas** - Hemu Editora Ltda. São Paulo, 1981.
- GRAEFF, Edgar A. **A arte e a técnica na arquitetura** - São Paulo, Martins Fontes, 1990.
- HUTH, Steffen. **Construir con Células Tridimensionales** - Editorial Gustavo Gilli. Barcelona, 1976.
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Catálogo de Processos e Sistemas Construtivos para Habitação** - Divisão de Engenharia Civil, Agrupamento de Componentes e Sistemas Construtivos, São Paulo, 1998.
- IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Diagnóstico tecnológico da Indústria da Construção Civil** - São Paulo, 1987.
- IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Programa de Atualização Tecnológica Industrial – PATI** – Construção Habitacional, São Paulo, 1988.
- KONCZ, Ing. Tihamér - **Manual de la Construcion Prefabricada** - Tomos I, II e III – Editorial Blume, Barcelona, 1968.
- LE CORBUSIER - **El Modulor – Volumes I e II** – Editorial Poseidon S.R.L., Buenos Aires, Argentina, 1953.
- LEVINSON, Leon – **Das Mutações dos Processos Construtivos** - Tese elaborada para a prestação de concurso par Docente Livre, FAU / UFRJ, Rio de Janeiro, 1976.

- LIMA, João Filgueiras. **A industrialização da Argamassa Armada no Brasil** -Anais do I Simpósio Nacional De Argamassa Armada – Escola Politécnica de Universidade de São Paulo, Depto. de Engenharia de Construção Civil, 02/03 de junho de 1986. SP.
- LUCINI, Hugo C. – **Manual prático de modulação de vãos de esquadrias** - Editora Pini, São Paulo, 2001.
- MANDOLESI, Enrico. Edificación. **El proceso de edificación. La edificación industrializada. La edificación del futuro** - Ediciones CEAC / Barcelona, España, 1981.
- MELLO FILHO, João Honório de - **Dimensionamento Modular dos Componentes da Edificação Habitacional – Uma proposta para padronização dimensional** – Simpósio sobre Barateamento da Construção Habitacional, Salvador, Brasil, 1978.
- MORAIS, Regis. **Filosofia da Ciência e da Tecnologia** - Campinas, Editora Papirus, 1988.
- NETTO, Antônio Vieira – **Construção civil & produtividade : ganhe pontos contra o desperdício** - Editora Pini, São Paulo, 1993.
- NISSEN, Henrik. **Construcion Industrial y Diseño Modular**- H. Blume ediciones, Madri, 1978.
- ROSSO, Teodoro - **A Coordenação Modular: Teoria e Prática** – Instituto de Engenharia de São Paulo, 1996.
- ROSSO, Teodoro - **Apostila da disciplina Teoria e Prática da Coordenação Modular do Curso de pós-graduação da FAU/USP** – São Paulo , Brasil.
- ROSSO, Teodoro - **Racionalização da Construção** – FAU/USP, São Paulo, Brasil, 1980.
- SOUZA, Rozendo de - **Evolução e Industrialização da Construção no Brasil** – Seminário de Arquitetura e Industrialização – FAU/USP, São Paulo, Brasil, 1980.
- SOUZA, Ubiraci Espineli Lemes de – **Projeto e implantação do canteiro** – Editora O Nome da Rosa, São Paulo, 2000.
- SERRANO, Julián Salas - **Construcion Industrializada: Prefabricacion** – Madrid, 1987.
- SULLIVAN James Barry - **Industrialization in the Building Industry** – Litton Educational Publishing Inc. . EUA , 1980.
- THOMAZ, Ércio – **Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção** – Editora Pini, São Paulo, 2001.
- ZEVI, Bruno – **Saber ver a Arquitetura** – 1ª Edição Brasileira, Editora Martins Fontes, São Paulo, 1978.
- ZEVI, Bruno – **A Linguagem Moderna da Arquitetura** – Coleção Arte e Sociedade, Publicações Dom Quixote, Lisboa, 1984.