

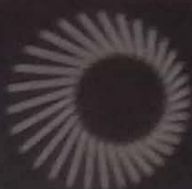
**debates
debates
debates**

urbanismo

paulo j. v. bruna
ARQUITETURA,
INDUSTRIALIZAÇÃO
E DESENVOLVIMENTO



EDITORA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



EDITORA PERSPECTIVA

FICHA CATALOGRÁFICA

(Preparada pelo Centro de Catalogação-na-Fonte,
Câmara Brasileira do Livro, SP)

B919a Bruna, Paulo Júlio Valentino.
Arquitetura, industrialização e desenvolvimento
[por] Paulo J. V. Bruna. São Paulo, Perspectiva, Ed. da
Universidade de São Paulo, 1976.
ilust. (Debates, 136)

Originalmente, tese de doutoramento apresentada
junto à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Univer-
sidade de São Paulo, em 1973.

Bibliografia.

1. Arquitetura – História 2. Construção 3. Cons-
trução – Bibliografia 4. Indústria da construção I. Título.
II. Série.

CDD-690
-016.69
-720.9

76-1343

Índices para catálogo sistemático:

1. Arquitetura: História 720.9
2. Construção: Bibliografia 016.69
3. Construção: Indústria 690
4. Construção: Tecnologia 690
5. Indústria da construção 690

Direitos reservados à
EDITORA PERSPECTIVA S.A.
Av. Brigadeiro Luís Antônio, 3025
Telefone: 288-8388
01401 São Paulo Brasil
1976

2. ARQUITETURA E PRIMEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

A. Perspectiva histórica — Os novos materiais: o ferro e o vidro; a pré-fabricação de componentes para as grandes obras da primeira metade do século XIX.

O movimento moderno nasceu das profundas transformações tecnológicas, econômicas, sociais e políticas ocorridas na Europa a partir do século XVIII, denominados genericamente de Primeira Revolução Industrial.

O movimento moderno, que na linguagem contemporânea assumiu um significado bem preciso de arte moderna e, por extensão, de arquitetura moderna, é simultaneamente uma experiência ligada à emergente cultura industrial e uma experiência revolucionária,

pois comporta um reexame completo da herança cultural passada¹.

Num primeiro momento a história da arquitetura moderna confunde-se com a história da industrialização e, mais precisamente, com a história do progresso tecnológico. Foram as novas exigências por melhores transportes, pontes e canais, por edifícios industriais maiores e mais resistentes, por edifícios não combustíveis, por edifícios públicos, como as estações da estrada de ferro, portos e armazéns e os edifícios para as exposições universais, que caracterizaram o fim do século XIX, a solicitar os novos materiais, como o ferro fundido e o vidro, e a dar forma a uma nova linguagem que, hoje reconhecemos, estão na origem da arquitetura moderna.

Na realidade, o ferro e o vidro constituíram materiais de construção há muitos séculos, mas são considerados novos na medida em que os progressos industriais permitiram sua produção em grande quantidade e estenderam sua aplicação à maioria dos edifícios. Até então o ferro somente havia sido usado como elemento complementar, como reforço, sob a forma de correntes, tirantes ou anéis de ligação entre as pedras nas construções. São deste tipo os reforços no tímpano construído por Rondelet em Paris para o Panthéon de Soufflot em 1770². Uma rede de barras de ferros dispostas segundo as maiores solicitações assegura a estabilidade do frontão, tal como a armadura dentro de uma viga de concreto armado. Deste período datam também algumas abóbadas pouco carregadas, como a do Théâtre Français de Bordeaux, construída por Victor Louis em 1786, o qual, segundo Pevsner³, estava fundamentalmente preocupado em tornar estas obras à prova de fogo. Mas o incipiente desenvolvimento da indústria siderúrgica nesse período tornava o custo dessas obras muito elevado, limitando sua expansão. Com as descobertas de A. Darby em Coalbrookdale e de Huntsmann

1. BENEVOLO, Leonardo. *Storia dell'Architettura Moderna*. 3ª ed. Bari, Editori Laterza, 1966, v. 1, p. 5 e ss.

2. RONDELET, G. *Trattato teorico e pratico dell'arte di fabbricare* (1802-17). (Trad. italiana, Mantova, 1832, Tomo I, p. 227), citado in BENEVOLO, L. *Op. cit.* p. 56.

3. PEVSNER, Nikolaus. *The Sources of Modern Architecture and Design*. Londres, Thames & Hudson, 1968, p. 11.

em Sheffield, que se tornaram de domínio público depois da metade do século XVIII, houve condições de se produzir em larga escala elementos de ferro fundido⁴.

O primeiro elemento construtivo importante e de larga difusão foi a coluna de ferro fundido. Em torno dos anos 70, as colunas de ferro fundido começaram a substituir os pilares de madeira nas primeiras tecelagens de algodão na Inglaterra. A introdução dos teares mecânicos trazia um problema de espaço e peso que foi inicialmente resolvido aproveitando a maior resistência à compressão do ferro, o qual além de possuir dimensões menores permitia um espaçamento maior. Com a produção industrial das vigas duplo T a partir de 1836, a inteira armação de madeira pôde ser substituída por uma estrutura resistente e incombustível formada por pilares e vigas de ferro e abobadilhas de tijolo⁵. Um exemplo pioneiro é a tecelagem Philip & Lee em Salford (Manchester) projetada em 1801 por Boulton & Watt, e completo em todos os seus detalhes construtivos essenciais, típicos dos edifícios industriais com estrutura metálica que apareceram nos anos subseqüentes. Este edifício, que por um quarto de século foi um modelo para construções similares, era composto por duas séries de colunas de ferro fundido ocas, com nove polega-

4. ASHTON, T.S. *La Revolución Industrial*. 4ª ed. México, Breviarios del Fondo de Cultura Económica, 1964.

DEANE, Phyllis. *The First Industrial Revolution*. Cambridge, University Press Cambridge, 1967.

MANTOUX, Paul. *La Revolución Industrial en el Siglo XVIII*. Madri, Cultura e Historia-Aguilar, 1962.

HARTWELL, R.M. *The Industrial Revolution and Economic Growth*. Londres, Methuen & Co. Ltd., 1971.

RICHARDS, J.M. *The Functional Tradition in Early Industrial Buildings*. Londres, The Architectural Press, 1968.

WINTER, John. *Industrial Architecture — A Survey of Factory Building*. Londres, Studio Vista, 1970.

TOYNBEE, Arnold. *Industrial Revolution*. Newton Abbot Devon, David & Charles Reprints, 1969 (Esta é uma reimpressão da primeira edição publicada em Londres, por Rivington em 1884. Esta edição foi enriquecida com um prefácio do prof. T.S. Ashton).

DERRY, T.K. & WILLIAMS, T.I. *A Short History of Technology*. Londres, Oxford University Press, 1960 (Esta história da tecnologia cobre o período que vai até 1900 e é uma síntese dos cinco volumes que compõem a *History of Technology* publicada pela Clarendon Press, Oxford).

HUDSON, Kenneth. *A Guide to the Industrial Archaeology of Europe*. Bath, Adams & Dart, 1971.

5. GRISOTTI, Marcello. "L'industrializzazione edilizia in rapporto alla prima e alla seconda rivoluzione industriale". In: *Industrializzazione dell'Edilizia*. Bari, Dedalo Libri, 1965.

das de diâmetro, espaçadas regularmente. O edifício, de vastas proporções para a época (cerca de 140 pés de comprimento por 42 de largura e sete andares), tinha vigas longitudinais ligando os pilares transversais que iam de muro a muro. As lajes eram constituídas por pequenas abóbadas de tijolo, niveladas mediante uma camada de conglomerado rústico. A experiência de Boulton & Watt em Salford assinala a primeira etapa do desenvolvimento das estruturas metálicas produzidas industrialmente⁶. Discute-se hoje o pioneirismo desta estrutura. A "arqueologia industrial" fez progressos notáveis nos últimos anos e segundo todas as evidências Boulton & Watt instalaram máquinas a vapor, de sua fabricação, numa fábrica anterior à tecelagem de Salford e nela tomaram conhecimento da solução estrutural empregada, isto é, pilares e vigas em ferro fundido. Trata-se da Benyons, Marshall & Bage, tecelagem de algodão construída em Shrewsbury, segundo projeto de Charles Bage em 1796-97⁷.

O ferro fundido, como substituto dos materiais tradicionais, difundiu-se muito rapidamente não tanto pelo seu aspecto de novidade, no caso de obras muito representativas como o pavilhão real construído em Brighton por John Nash em 1818, a Biblioteca Sainte Geneviève construída por Henry Labrouste em Paris, 1843, ou a Bolsa do Carvão (Coal Exchange) construída em Londres por B. J. Bunning em 1846, como também pelo seu preço conveniente. Gradis, peitoris, escadas metálicas, divisões e decorações em ferro fundido são empregados de maneira crescente na construção co-

6. GIEDION, Siegfried. *Spazio, Tempo ed Architettura. Lo sviluppo di una nuova tradizione*. Milão, Ulrico Hoepli Editore, 1954. (trad. italiana.)

7. BANNISTER, T.C. The First Iron-Framed Buildings. *Architectural Review*, Londres, v. CVII, p. 231 e ss., 1950.

SKEMPTON, A.W. & JOHNSON, H.R. The First Iron-Frames. *Architectural Review*, Londres, v. CXXXI, p. 175 e ss., 1962.

Finalmente em artigo recente PACEY demonstrou que ambos os projetos enumerados devem na verdade ser atribuídos a um mesmo autor, bem como uma tecelagem construída logo após, em 1802, em Leeds. Todas as três obras, sem dúvida alguma pioneiras no emprego de estruturas metálicas e abobadilhas de tijolos, devem-se ao mesmo Charles Bage que, por volta de 1802, introduziu as vigas T em estruturas portantes. O autor procura demonstrar por meio de uma bem documentada análise que Bage desenvolveu uma teoria própria sobre o comportamento das vigas T e da possibilidade de obtê-las com ferro fundido moldado.

Ver portanto: PACEY, A.J. Earliest cast iron beams. *Architectural Review*, Londres, v. CXLV, n. 864, p. 140, fev. 1969.

mum. As decorações em ferro fundido deste período — últimos anos do século XVIII e primeiras décadas do século XIX — são freqüentemente de excelente execução e os melhores artistas, como Robert Adam forneciam às vezes os desenhos para as matrizes. Esses elementos eram usados nas obras mais significativas como, por exemplo, no embasamento da Carlton House Terrace de 1827 ou na cúpula da sala circular da Bolsa do Trigo (Halle ou Blé) construída em Paris por J. Belanger em 1811⁸.

➔ No Brasil estes elementos estão fortemente presentes em toda a arquitetura do século XIX. Não somente eram importadas colunas ocas e vigas em ferro fundido ou forjado (como era também denominado), mas, outrossim, peças de acabamento e ornamentos para jardins, como chafarizes, bancos e gradis imitando troncos de árvores.

A contribuição da indústria nesse primeiro período foi pois de simples substituição de materiais não implicando modificações substanciais na arte e na técnica de construir.

O mesmo se poderá dizer das pontes realizadas no mesmo período. A primeira ponte em ferro era constituída por um arco perfeito com 33 metros de vão livre e formado pela união de dois semi-arcos fundidos de uma só vez, sendo o conjunto repetido completo 5 vezes e com um peso total de 378 toneladas. Foi construído sobre o rio Severn próximo a Coalbrookdale por Wilkinson e pelo arquiteto T. F. Pritchard em 1777. Em 1796, Rowland Burdon construiu sobre o rio Wear a ponte de Sunderland com o considerável vão de 70,00 metros. No mesmo ano Telford construiu uma segunda ponte sobre o rio Severn, em Buildwas, com 39,00 metros e com o peso de somente 173 toneladas. As pontes de Burdon e Telford afastam-se nitidamente da experiência de Pritchard uma vez que os arcos são construídos segundo a técnica clássica de cantaria, substituindo-se as pedras por elementos ocos de ferro fundido, muito mais leves e de resistência maior. A execução da ponte também é muito mais rápida, pois as peças são preparadas e fundidas na usina, cabendo ao

8. GLOAC, J. & BRIDGEWATER, D. *A History of Cast Iron in Architecture*. Londres, 1948, p. 152 e ss.

canteiro o trabalho exclusivo de montagem. É também uma simples substituição, levando o novo material considerável vantagem no que se refere a peso, rapidez e custo. As experiências sucederam-se rapidamente em seguida. Em 1801, Telford projetou substituir a ponte de Londres por um único arco com 180 metros. O projeto somente não foi executado porque não foi possível desapropriar os terrenos necessários nas duas margens⁹. O uso do ferro fundido estendeu-se também à França onde um grande número de obras foi executado com esse material, como por exemplo a ponte das Artes (Pont des Arts) de Cessart e Dillon, construída em Paris entre 1801 e 1803; a ponte, também em Paris, do Carrousel, construída em 1833 por A. R. Polonceau, etc.

Com estas obras sedimenta-se e conclui-se o ciclo experimental da nova técnica construtiva, patrimônio original da engenharia, cuja contribuição para a arquitetura será fundamental. Na realidade alguns contemporâneos já indicavam os engenheiros como os criadores da arquitetura moderna e o processo industrial de produção o meio mais idôneo para realizá-la¹⁰. Mas as relações entre engenharia e arquitetura continuarão por muitos anos suscitando as mais acirradas polêmicas, sobretudo depois das estações das estradas de ferro e as exposições universais terem mostrado ao grande público as formas novas e os imensos espaços livres que a técnica industrial tornou possível. Estes grandes vãos amplamente iluminados somente foram possíveis porque nos mesmos anos a indústria do vidro progrediu consideravelmente. A produção aumenta e os preços diminuem. O vidro associado ao ferro começa a ser usado em lanternins e numerosos edifícios públicos apresentam grandes vestíbulos iluminados zenitalmente. Em 1825 os arquitetos Percier e Fontaine cobrem com vidro a Galerie d'Orléans no Palais Royal, protótipo das galerias públicas do século XIX. O vidro também foi muito empregado na construção de estufas, algumas das quais verdadeiramente enormes, como as

9. ROLT, L.T.C. *Victorian Engineering*. Londres, Allen Lane — The Penguin Press, 1970.

10. BAUDOT, Anatol de. Em declaração ao *Primeiro Congresso Internacional dos Arquitetos*, Paris, 1889. Citado por GRISOTTI, M. *Op. cit.*

de Rouhault, no Jardin des Plantes em Paris em 1833, a de Paxton em Chatsworth em 1837, ou a de Burton em Kew Gardens em 1844¹¹.

Mas seria no setor das "grandes coberturas" para as estações das estradas de ferro e para as exposições industriais, que se sucederiam ininterruptamente durante toda a segunda metade do século, que as possibilidades industriais dos novos materiais e da emergente tecnologia se revelariam em toda sua capacidade. Seria longo e supérfluo relacionar em ordem cronológica todas as grandes obras desse período; o que se pretende é simplesmente mostrar como tecnologia, indústria e arquitetura estão intimamente ligadas num período de frenético crescimento e de ilimitada confiança na capacidade das novas indústrias em resolver todos os problemas da sociedade¹².

Nos anos 30 abre-se um novo capítulo na história dos "tipos" arquitetônicos com as primeiras estações ferroviárias que propiciariam a construção de alguns dos maiores e melhores exemplos de construção em ferro e vidro¹³.

Nos primeiros exemplos construídos verifica-se haver ainda uma simples justaposição entre os elementos em ferro do vão central e as partes em alvenaria ou cantaria; ocorreriam muitos anos antes que uma maior integração viesse ocorrer. O melhor exemplo desse período é a demolida estação de Euston cujo edifício frontal foi construído em 1835-7 por Hardwick enquanto que a cobertura principal foi projetada por Robert Stephenson sem qualquer vínculo com o pórtico neoclássico frontal. Os melhores e mais elaborados exem-

11. BENEVOLO, L. *Op. cit.* p. 65 e ss.

12. Mesmo no Brasil a influência da emergente industrialização provocaria modificações, se não diretamente sobre a economia do país, que permanecia substancialmente de tipo colonial, pelo menos no plano filosófico, político-social e estético, através do positivismo e do ecletismo. Este último, de nítida afinidade com as correntes evolucionistas dos pensadores europeus do início do século XIX, teria no Brasil um papel de estímulo ao desenvolvimento tecnológico. Nesse sentido a "adoção de elementos construtivos produzidos industrialmente e de padrões formais capazes de assimilá-los, dentro das soluções tradicionais, significava, nessas condições, ao mesmo tempo um avanço da tecnologia e o reforço de laços de tipo colonial". In: REIS FILHO, Nestor Goulart. *Quadro da Arquitetura no Brasil*. São Paulo, Editora Perspectiva, 1970, p. 183 (Coleção Debates, n. 18).

13. MEEKS, C.L.V. *The Railroad Station*. 2. ed. New Haven, Yale University Press, 1964.

plos são porém as duas grandes estações construídas no centro de Londres quase simultaneamente nos meados do século: King's Cross, projetada pelo arquiteto Lewis Cubitt em 1850 e construída nos anos 51 e 52, era originalmente formada por dois conjuntos de *sheds* em arco, sendo que as vigas principais de madeira laminada foram substituídas em 1969-70 por vigas de ferro. A grande glória deste projeto é seguramente a entrada principal que, com seus dois enormes arcos de pedra, forma um contraponto perfeito aos *sheds*. A idéia original já estava indicada na Gare de L'Est projetada por Duquesney, mas não estava, como no exemplo parisiense, mascarada por decorações de sabor renascentistas, permanecendo somente a escala e a clara expressão dos arcos como elemento forte da composição. A segunda estação construída nesse período, Paddington Station (1852-54), foi projetada pelo engenheiro Brunel e pelo arquiteto M.D. Wyatt. O conjunto constituído por três séries de *sheds* paralelos, levemente elípticos e cruzados por dois altíssimos transeptos, oferece uma riqueza e complexidade espacial para a qual muito contribuiu a original e refinada decoração projetada pelo arquiteto. Mas o exterior foi mascarado pelo enorme edifício construído para Great Western Hotel por Hardwick num estilo Neogótico que iria a partir desse momento dominar as atenções dos arquitetos e preponderar no último quartel do século na Inglaterra¹⁴.

O grau de desenvolvimento adquirido por estas estruturas transformou-as em protótipos de uma verdadeira geração de estruturas similares espalhadas por todo o globo. Com o desenvolvimento do comércio colonial, as estradas de ferro foram implantadas em praticamente todo o mundo e as estações foram "pré-fabricadas" e exportadas em grande quantidade. A pré-fabricação está nesse caso intimamente associada ao desenvolvimento da construção em ferro fundido, pois qualquer edifício cuja estrutura apresente alguma complexidade, seja uma ponte ou um armazém, ou mesmo uma estufa, deverá necessariamente ser pré-fabricado na fundição, desmontado em seus componentes e re-

14. HITCHCOCK, Henry Russell. *Architecture Nineteenth and Twentieth Centuries*. 3. ed. Londres, Penguin Books, 1968. Ver principalmente todo o Cap. 7: "Building with Iron and Glass — 1790-1855", p. 115 e ss.

montado no canteiro¹⁵. As pontes mencionadas anteriormente substituíram um trabalho de cantaria pelo de uma fundição, porém nesta substituição foram introduzidos alguns critérios extremamente importantes no que se refere ao correto entendimento das relações de produção envolvidas: arquitetura, indústria e pré-fabricação. Inicialmente, foram introduzidos critérios de produtividade industrial, tais como resistência previamente conhecida das peças, tempo de execução, etc; em seguida, libertou-se o canteiro de seus componentes locais, isto é, regiões onde a pedra era escassa receberam pontes concebidas, produzidas e remetidas a longa distância, e finalmente libertou-se o canteiro de uma parte de sua mão-de-obra especializada. Exemplos interessantes da importância que esses progressos representaram, podem ser encontrados desde 1840, ou mesmo antes, quando faróis foram erguidos nos pátios das fundições inglesas, desmontados e embarcados para as Bermudas, Barbados ou outras possessões longínquas. Em 1843, a firma John Walker de Londres vendeu um palácio pré-fabricado para um rei africano, e, até o fim da década, passaram a ser muito freqüentes as exportações de grandes armazéns e estações pré-fabricados¹⁶.

→ O Brasil também recebeu um bom número dessas estruturas metálicas pré-fabricadas que ainda hoje podem ser vistas em várias estações da Estrada de Ferro Santos-Jundiaí, antiga São Paulo Railway Company. Veja-se, por exemplo, a magnífica solução dada à Estação da Luz cujo detalhamento e execução rigorosos têm resistido muito bem ao tempo e à falta de manutenção¹⁷, ou o exemplo mais modesto, mas igualmente interessante, da estação de Paranapiacaba, no alto da Serra do Mar. A importação era completa, pois dos porões dos navios saíam não somente as estruturas, mas também os vedos e coberturas, freqüentemente também as escadas, peitoris e demais peças de acabamento, e a montagem era feita conforme as instruções e desenhos que as acompa-

15. WHITE, R.B. *Prefabrication — A History of its Development in Great-Britain*. Londres, Her Majesty's Stationery Office, 1965 (National Building Studies/Special Report 36. Ministry of Technology/Building Research Station).

16. HITCHCOCK, H.R. *Op. cit.* p. 122 e ss.

17. BRUNA, P.J.V. Subsídios para uma política de industrialização da construção no Brasil. *Acrópole*, São Paulo, 380:34 e ss., dez. 1970.

nhavam. "As peças, numeradas, facilitavam a montagem, tornando-a mais rápida e dispensavam em parte a mão-de-obra especializada no local. As obras eram dirigidas pelos engenheiros europeus e as plantas, que hoje se conservam nos arquivos da empresa, cotadas em pés e polegadas, são escritas em inglês"¹⁸. Além das estações para a São Paulo Railway Company, inúmeras outras obras chegaram ao Brasil nas mesmas condições em anos posteriores, como a estação ferroviária de Bananal e a loja chamada, muito a propósito, de Torre Eiffel, até há pouco existente no centro do Rio de Janeiro, cidade que parece ter recebido a maior parte dessas importações. Notáveis foram também os edifícios para o Mercado Municipal e para o Corpo de Bombeiros, recentemente demolidos. "No canal do Mangue, junto ao cais os balaústres da amurada eram peças de ferro, com dimensões e proporções iguais às dos comuns, de alvenaria. Eram de ferro mesmo os detalhes mais insignificantes, como os quiosques de jornais e as grades de proteção às árvores, em torno dos troncos e no solo, em torno das raízes, ou como ralos de bueiros"¹⁹.

Como mencionado, foram as "grandes coberturas" para as estações de estrada de ferro e para as exposições industriais que revelariam toda a potencialidade da pré-fabricação, como um método construtivo e a profunda e crescente relação entre arquitetura e indústria.

O ciclo das Grandes Exposições Universais, na segunda metade do século, retomará e concluirá a experiência técnica e expressiva das grandes coberturas e da tecnologia do ferro e do vidro. A primeira exposição industrial provavelmente foi a de Paris em 1789²⁰. Entre 1801 e 1849 sucedem-se na França 10 exposições. Manifestações análogas ocorrem também em outros países durante o mesmo período, mas foi somente a partir da segunda metade do século que, graças aos princípios do livre comércio e do aumento das comunicações e, portanto, da competição, tem início um segundo período de exposições caracterizadas pelo entusiasmo e confiança no progresso industrial, acentuado desenvolvimento técnico, culminando com o famoso Hall

18. REIS FILHO, Nestor Goulart. *Op. cit.* p. 156.

19. REIS FILHO, Nestor Goulart. *Op. cit.* p. 168.

20. GRISOTTI, M. *Op. cit.*

des Machines dos engenheiros Dutert e Contamin para a Exposição Universal de Paris de 1889. Esta obra, já executada em aço, culmina todo um esforço de aprimoramento, atingindo a perfeição formal e técnica com seus arcos triarticulados com 115 metros de vão.

O Palácio de Cristal propõe e extingue em si mesmo a problemática essencial da arquitetura entendida como *Industrial Design* e forneceu a mais completa e indiscutível contribuição de seu tempo, marcando a primeira fuga dos estilos históricos na arquitetura e simultaneamente uma concepção estritamente ligada aos conceitos de produção em massa.

Coube à Inglaterra organizar a primeira exposição industrial internacional inaugurada em maio de 1851. A comissão organizadora patrocinou um concurso internacional que recebeu alguns notáveis desenhos empregando ferro e vidro, como o do arquiteto irlandês Turner (colaborador de D. Burton no projeto para as estufas de Kew Gardens) ou então o do arquiteto francês Hector Horeau, que ganhou o primeiro prêmio. Todos os projetos acabaram sendo recusados e o comitê de construção da Exposição iniciou seu próprio projeto, obra do engenheiro Brunel e do arquiteto T. L. Donaldson, seguramente os melhores talentos de sua época. O projeto resultante, uma espécie de superestação de estrada de ferro, era totalmente impraticável, uma vez que deveria ser construído em alvenaria de ferro num prazo muito curto, menos de nove meses. O projeto acabou servindo de inspiração direta para a estação central de Copenhague (1863-4) projetada por Herholdt, segundo pode-se deduzir pela comparação de ambos²¹. Este projeto já estava em concorrência quando Joseph Paxton apresentou um estudo baseado na experiência adquirida com a estufa de Chatsworth. Foi publicado no *Illustrated London News* e oferecido pela firma Fox & Henderson como uma variante do projeto do comitê. A concorrência foi vencida, e com algumas modificações importantes — o acréscimo de um transepto central para salvaguardar as árvores existentes no local — foi executado dentro do orçamento previsto e

21. HITCHCOCK, H.R. *Op. cit.* p. 125.

no incrível prazo de nove meses²². Isso foi possível graças ao rigoroso estudo e detalhamento feito pela firma dos engenheiros, Sir Charles Fox e de seu sócio Henderson, de todos os elementos da construção; do método de produção, do sistema de montagem, dos tempos de construção e do rigoroso controle dos custos. Estes elementos projetados para serem produzidos em massa, com as técnicas de fundição então existentes, permitiam sua montagem e desmontagem, possuíam uma "elegância mecânica", no dizer dos contemporâneos, para a qual o projeto de estruturas em ferro fundido estava caminhando gradativamente há muito tempo. Toda a construção está baseada num retículo modular de 8 pés (2,40 m) cujos múltiplos (24, 48, 72 pés — 7,20, 14,40, 21,60 m) determinam as posições e as dimensões de todas as peças. O espaço interno no altíssimo transepto central, formado por arcos de madeira laminada, foi mais rapidamente apreciado quando da inauguração, do que a longa nave central, porque apresentava para o grande público linguagem mais familiar. Por este motivo, quando o Palácio de Cristal foi desmontado e reconstruído em Sydenham em 1852-54, onde permaneceu até ser destruído por um incêndio em 1936, a nave principal também foi executada com arcos, ainda que, desta vez, em ferro fundido.

→ Construtivamente o Palácio de Cristal representa uma síntese de componentes estudados separadamente e coordenados entre si por uma rede modular; o espaço resultante da somatória de elementos padronizados e industrializados era o fruto perfeito da tecnologia empregada e do estudo racional dos vínculos, dos limites econômicos e de tempo, dos condicionantes técnicos de produção e montagem isolados de toda problemática estilística e formal. O Palácio de Cristal na sua integridade de obra-de-arte exprime a essência do próprio tempo, antecipando de cem anos a problemática que os arquitetos e engenheiros de após-guerra na Europa deveriam enfrentar com a industrialização da construção. A obra de Paxton, Fox & Henderson indicava claramente o caminho a seguir, o caminho de uma nova arquitetura. Desse ponto de vista a obra não foi enten-

22. HITCHCOCK, H.R. *The Crystal Palace*. 2. ed. Northampton, Mass. 1952.

dida nem apreciada como arquitetura ou obra-de-arte, mas somente como proeza técnica. Pugin descreveu o Palácio de Cristal como “um monstro de vidro” e aconselhou condescendentemente Paxton a voltar às suas estufas e deixar a arquitetura aos *experts*²³.

Se os críticos e *experts* não o compreenderam no seu devido tempo, quando de sua inauguração o Palácio de Cristal causou enorme sensação popular. Provavelmente não foi somente o uso do ferro e do vidro, já amplamente empregados nas estações de estradas de ferro e nas estufas dos jardins botânicos, mas na aparente indefinição, pois a vista não encontrava paredes limites, mas corria livremente, impossibilitada de abraçar todo o edifício de uma só vez. Para esse efeito contribuía, sem dúvida, as dimensões exíguas dos elementos face aos vãos e sua repetição; o módulo fundamental repetia-se duzentas e trinta vezes na nave principal somente interrompido pelo transepto descrito como “uma ofuscante faixa de luz que se dissolve num fundo longínquo onde cada elemento natural dissolve-se na atmosfera”²⁴. Este caráter repetitivo e a idéia de *standard* intrínsecos ao sistema construtivo e associados às possibilidades industriais da época foram apreciados pelos observadores, como, por exemplo, por Blanqui que nas suas *Lettres sur l'Exposition Universelle de Londres* escreveu:

a primeira impressão que sensibiliza o espectador, neste maravilhoso monumento, construído tão rapidamente, é seu tamanho, sua simplicidade e sua elegância. Suas proporções foram asseguradas com uma arte extrema e uma precisão matemática. Um comprimento normal de 24 pés foi tomado como unidade em todas as peças de ferro que entraram em sua construção. Queremos levantar o prédio? Colocam-se duas peças de vinte e quatro pés para obter uma de quarenta e oito; queremos subir mais ainda? junta-se mais uma para chegar a setenta e dois. Ao longo e ao largo, em todos os sentidos, sempre múltiplos de vinte e quatro pés. Resultou um palácio construído com peças de ferro fundido de mesmo comprimento, ligadas umas às outras por simples parafusos e porcas, quase todas fundidas no mesmo molde, ou como nós dizemos em economia política, sobre o mesmo estalão²⁵.

23. RAGON, Michel. *Histoire Mondiale de L'Architecture et de l'Urbanisme modernes*. Tomo I: Idéologies et Pionniers — 1800-1900. Paris, Casterman, 1971.

24. GIEDION, S. *Op. cit.* p. 244.

25. Citado por RAGON, M. *Op. cit.*, p. 134.

É possível individualizar neste método construtivo uma relação com os modelos da tradição neoclássica através de uma regularidade modular mais rígida, ou sugerindo uma leveza e transparência dos materiais desconhecida até então aos arquitetos neogóticos que trabalhavam com pedra e tijolos. Pode-se dizer que esta obra teve sem dúvida repercussões no reaparecimento dos estilos que caracterizariam os anos subseqüentes, dominados principalmente pelo estilo neogótico. O sucesso do Palácio de Cristal foi enorme. Em poucos anos inúmeras estruturas semelhantes foram erguidas em todo o mundo. O mais fino e acabado exemplar talvez tenha sido aquele erguido em Dublin em 1852-4 por Sir John Benson; o mais infeliz aquele construído em Nova York em 1853 por G. J. B. Carstensen, o criador dos jardins Tívoli em Copenhague. Sua imediata destruição, pelo fogo foi um súbito e terrível aviso de que as construções em ferro e vidro não protegidas por alvenaria eram limitadas e perigosas. O incêndio do Glaspast construído por Voit em 1854 em Munique, e a destruição pelo fogo do Paleis Voor Volksvlijt em Amsterdã, construído por Cornelis Outshoorn em 1856, alertaram os construtores sobre os riscos desse tipo de construção.

Mas o prestígio das construções em ferro fundido, pré-fabricadas e montadas nos mais diversos cantos do mundo nunca esteve tão alto quanto na década de 50. A firma Fox & Henderson construiu em 1852, com os mesmos elementos do Palácio de Cristal, a estação Midland em Oxford, ainda que sem a mesma qualidade espacial de seu predecessor²⁶. A firma E. T. Bellhouse de Manchester começou a produzir casas para os emigrantes que iam para os Estados Unidos e Austrália. O engenheiro Romand transportou para a Martinica um hospital militar completo, em peças pré-fabricadas que foram montadas a seco no local. Este protótipo, bastante complexo, pois comportava um esqueleto em ferro fundido e vedos em chapa ondulada, foi seguido de inúmeros outros pedidos. L. Simonin descreve em seu livro *O Grande Oeste dos Estados Unidos*²⁷ a construção da cidade de Cheyenne que se tornará a capital do

26. HITCHCOCK, H.R. *Op. cit.* em nota n. 14, p. 126.

27. Citado por RAGON, M. *Op. cit.* p. 136 e ss.

Wyoming. Em princípio de 1867 nada existia sobre o território que seria a cidade; em menos de três meses chegaram mais de três mil casas pré-fabricadas e frequentemente viam-se casas já montadas, sendo transportadas de um lugar para outro sobre pesados veículos. Simultaneamente, às noções de industrialização parecem estar presentes também as noções de flexibilidade e mobilidade que a arquitetura atual persegue tenazmente. Casas pré-fabricadas em chapa de ferro ondulado foram igualmente enviadas aos mineradores, durante a corrida do ouro na Califórnia. Não é preciso, pois, espantar-se se já em 1850 Théophile Gautier escrevia que "A indústria revoluciona a arquitetura" ou C. Daly, considerado o primeiro crítico moderno da arquitetura, falava já sobre a cisão entre a "arquitetura estética do passado e a arquitetura industrial do futuro"²⁸.

Em vista destes exemplos e de muitos mais que poderiam ser elencados, é difícil à primeira vista compreender por que a pré-fabricação, que parecia uma conquista aceita e largamente difundida, foi abandonada na segunda metade do século para somente ser retomada por W. Gropius, J. Peret, M. Lods, E. Beaudoin, V. Bodiansky e J. Prouvé quase um século depois. É difícil compreender por que a pré-fabricação, já então experimentada com sucesso em inúmeras partes do mundo, foi tão discutida, tão combatida e em nossos dias ainda tão pouco empregada, ao mesmo tempo em que as necessidades habitacionais cresceram de forma tão acelerada e a construção pelos sistemas convencionais não é suficiente para atendê-las. Para colocar o problema da mesma forma que M. Ragon²⁹, é possível visualizar o problema como uma curiosa forma de discrepância, como uma contradição do sistema capitalista, que ao mesmo tempo que produz bens de consumo, eletrodomésticos, automóveis, aviões, etc., em crescente abundância, permanece, no que se refere à habitação, preso à doutrina malthusiana da penúria.

A resposta a essa aparente discrepância é complexa e pode ser estudada através de duas ordens de raciocínio. A primeira puramente histórica, analisando

28. Citado por RAGON, M. *Op. cit.* p. 136.

29. O qual porém não lhe dá uma resposta satisfatória.

a evolução da arquitetura nos períodos imediatamente subsequentes à primeira Grande Exposição Universal e a segunda procurando compreender melhor a terminologia empregada e as relações de produção envolvidas por estes conceitos.

Na Inglaterra, que se tornara a principal exportadora destas estruturas pré-fabricadas, as necessidades impostas pela guerra da Criméia fizeram com que diminuísse, a partir de 1854, o ritmo da produção destinada ao mercado civil, convertendo-se boa parte da indústria metalúrgica em principal fornecedora do Ministério da Guerra (War Office).

Na Inglaterra, pelo menos, uma vez que as exportações continuaram por toda a segunda metade do século, principalmente para as colônias e Américas do Norte e Sul, a fase do ferro fundido terminou em grande parte pelo triunfo do Neogótico e do Ecletismo. Por muitas décadas o desenvolvimento da arquitetura foi muito mais estilístico do que técnico.

Para compreender de forma mais apropriada as relações de produção envolvidas pela "pré-fabricação" é preciso compreender melhor as relações entre a construção tradicional e a industrialização da construção, a escala de produção e suas conseqüências, o que deverá ser feito em seguida.

B. Problemas técnicos — Construção tradicional e construção industrializada; a escala de produção: industrialização de ciclo fechado e industrialização de ciclo aberto.

A construção é uma atividade que permaneceu, salvo algumas poucas exceções, essencialmente artesanal e apresenta na prática uma profunda subdivisão, uma verdadeira ruptura no seu processo de produção, em dois setores perfeitamente definidos: de um lado, a produção dos materiais de construção, dos componentes ou materiais intermediários e, de outro, a montagem destes componentes no canteiro, isto é, a construção do organismo arquitetônico ou produto final. Além disso, no interior de cada setor, verifica-se uma ulterior subdivisão de atividades, fragmentando a produção em um número muito grande de tarefas, capacidades, técnicas,

especializações, ou intenções que, longe de contribuírem para um único fim, freqüentemente se sobrepõem e divergem. O trabalho efetuado no canteiro hoje não contribui tão decisivamente para o produto final como antigamente, mas transformou-se progressivamente num serviço de montagem de componentes semi-acabados que a indústria lhe oferece. Em termos quantitativos, nos países mais industrializados, entre 50 e 70% do custo da construção é representado pelo valor dos materiais, componentes ou equipamentos entregues no canteiro por outras indústrias. Há naturalmente muitas razões para esta subdivisão no processo de produção, típico da indústria da construção: de uma maneira geral, a maior parte dos componentes que constituirão o produto acabado são muito pesados e volumosos para serem completados numa usina, ou em outros termos a relação custo/peso impede o transporte do edifício como um todo em longas distâncias. Desta maneira, a maior parte dos materiais de construção é manufaturada e transportada para o canteiro em pequenas partes. Há neste processo de subdividir o produto final em muitas unidades separadas e independentes um evidente perigo. É preciso constatar inicialmente que esta multiplicação dos processos de produção leva a uma política de *laissez-faire* generalizada, isto é, ninguém se preocupa com a qualidade e preço do produto acabado, enquanto todos se concentram em tornar seu setor mais eficiente e rentável.

A consequência natural desse processo é que os diferentes fabricantes de materiais de construção e componentes, os fornecedores de equipamentos e os empreiteiros, tendem a aceitar as pré-condições existentes ao início de suas atividades, e investir a maior parte de seus interesses em maximizar seus lucros dentro desta situação. A lacuna existente normalmente entre a demanda e a oferta num mercado, tradicionalmente deficitário e não competitivo, como é o da indústria da construção, denota que os empreiteiros, em geral, operam num mercado de vendedores, o que significa que têm menos incentivos para racionalizar sua produção com o objetivo de diminuir os custos³⁰.

Verifica-se que a maioria das indústrias de materiais de construção limita-se aos ciclos produtivos de suas unidades sem a menor preocupação em oferecer

30. MYRDAL, Gunnar. "Needs Versus Capacity". In: *Towards Industrialised Building — Contributions at the third CIB Congress — Copenhagen 1965*. Amsterdã, Elsevier Publishing Company, 1966.

um produto que seja coordenado em relação aos demais semi-acabados. Não há preocupação com a pesquisa dimensional, com a oferta de um material efetivamente de catálogo e de estoque. Cada empresa, ou grupo de empresas, orienta-se segundo critérios próprios, mais indicados para a fabricação de produtos finais do que para fabricação de componentes intermediários e opera sem qualquer assistência de órgão de pesquisas empresariais, de associações ou mesmo dos poderes públicos.

Não menores são os inconvenientes que se verificam em relação ao material acabado. Aquela unidade de pensamento e ação, aquela especialização que pelo menos no plano industrial animava a produção dos bens intermediários, desaparece para dar lugar a uma divisão de responsabilidades, a um conjunto de atividades praticamente autônomas. Os objetivos dos produtores de componentes, de um lado, e os objetivos dos clientes, isto é, daqueles que encomendaram a produção de um determinado edifício, dos projetistas, dos técnicos e dos empreiteiros, de outro, nem sempre coincidem, acarretando uma ineficiência geral do processo que se reflete, necessariamente, no custo, no tempo de execução e na qualidade do produto final. Em síntese, pode-se concluir que as decisões referentes à qualidade, aparência, custo e outras características básicas dos componentes, não deveriam ser tomadas, separada e independentemente, pelos diferentes participantes no processo de construir, mas por uma única direção, de pulso forte e diretamente responsável, perante os consumidores do produto final. Como obter essa "direção"? De que maneira, em outras palavras, obter para o produto arquitetônico final aquela concentração dos poderes de decisão característica de indústria dos bens intermediários?

Há duas maneiras de encarar o problema para os que desejam introduzir na construção os métodos próprios da indústria: o método evolutivo e o método radical³¹.

31. BLACHÈRE, G. O ex-diretor do CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Paris), vem há muitos anos se dedicando ao estudo e aprofundamento dos problemas relativos à industrialização da construção. A maioria dos escritos do autor tem aparecido nos cadernos do CSTB e dentre eles destacam-se os seguintes:

→ O Método Radical: É extremamente difícil individualizar hoje, os métodos construtivos de amanhã, porque, certamente, estes estarão associados a um diferente modo de viver e morar³². Tratar-se-á provavelmente, de grandes elementos, muito leves, que poderão ser transportados com facilidade até pelo ar, e que se encaixarão em megaestruturas, como gavetas num armário. (Tais são as idéias contidas em certos projetos de Le Corbusier e Kenzo Tange, por exemplo.)³³ Portanto, sem pretender explorar o campo das utopias e das profecias de difícil constatação, será melhor analisar em profundidade aquilo que hoje parece oferecer as melhores perspectivas no caminho da industrialização da construção, isto é:

→ O Método Evolutivo: Foi-se tornando claro que a melhor maneira de repetir a concentração dos poderes de decisão, típica dos setores industriais mais evoluídos, era integrar, de preferência dentro de um mesmo corpo administrativo e produtivo, todas as funções antes pulverizadas da construção tradicional. A consciência desse processo cresceu gradativamente, assumindo aspectos próprios, em cada país, no que concerne aos diferentes tipos e gêneros de construções industrializadas, como decorrência de políticas diferentes de reconstrução e urbanização.

"Les conditions techniques nécessaires au lancement de la prefabrication d'elements destinés à la vente", *Cahiers du CSTB* (63) 529:7-9; ago. 1963.

"Composition et construction industrialisée", *Cahiers du CSTB* (75) 646:27-33; ago. 1966.

"A construção de habitações econômicas — Por que e como industrializar" — Resumo da conferência proferida aos estagiários do curso "Techniques Modernes de Construction". Traduzida, anotada e publicada numa série de textos para leituras dos alunos em seminários da disciplina "Industrialização da Construção". Departamento de Publicação FAUUSP, 1971.

"Tendências da Industrialização da Construção" — Resumo da conferência proferida aos estagiários do curso "Techniques Modernes de Construction", *Idem*. Departamento de Publicações FAUUSP, 1971.

32. CHENUT, D. & SARGER, R. e colab. Une Proposition Pour l'Industrialisation de la Construction des Logements. *Techniques et Architecture* 24 (6):97, set/out. 1964. VERS une Industrialisation de l'habitat *L'Architecture d'Aujourd'hui*, Boulogne Sur Seine, 148. fev/mar 1970.

33. RAGON, Michel. *Les Visionnaires de l'Architecture*. Paris, Edit. Laffont, 1965, p. 34 e ss.

—. *Le Corbusier 1910-60*. Zurique, Les Editions Girsberger, 1960. p. 154 e s.

TANGE, Kenzo e colaboradores. Plan For Tokio — 1960. *Japan Architect* 36(4):8-38, abr. 1961.

ARCHIGRAM GROUP/LONDON — A chronological Survey. *Architectural Design* 35(11):559-72, nov. 1965.

Na Inglaterra, a indústria reconvertida às condições de economia do tempo de paz foi dirigida para a produção de componentes destinados à construção, aproveitando uma capacidade ociosa já instalada e altamente qualificada. Disso resultou um aperfeiçoamento geral pois toda a primeira etapa de reconstrução, principalmente nos setores de escolas, edifícios administrativos e industriais, baseou-se na continuidade de uma experiência tecnicamente muito evoluída. Neste caso houve a concomitância de três fatores:

capacidade de produção ociosa nas indústrias dos setores marginais à construção civil, mas sobretudo em outros ramos industriais, como na indústria aeronáutica e automobilística; maior necessidade de edifícios que não podia ser satisfeita pela indústria da construção tradicional na medida em que estava despreparada e atrasada; e, por fim, uma adequada planificação dirigida seja aos projetistas seja aos consumidores³⁴.

Na União Soviética, a preocupação com a construção de grandes conjuntos residenciais para os trabalhadores data dos primeiros anos da revolução. Foi com o Segundo Plano Quinquenal (1933-37) que se passou à realização efetiva de edifícios altos com paredes e lajes compostas por grandes blocos de concreto armado, e até 1939 cada edifício a ser construído era projetado separadamente. Nos anos de guerra foi efetuada a transferência de fábricas e operários para as regiões orientais do país, para a Sibéria, Urais e Ásia Central notadamente, sendo as famílias dos trabalhadores abrigadas em casas provisórias, executadas com sistemas leves em madeira, fibrocimento e chapas galvanizadas. Nos anos do após-guerra e durante a realização do Quarto Plano Quinquenal (1946-50), retomou-se a construção por meio de grandes elementos de concreto armado, notando-se porém uma baixa produtividade e dispersão dos recursos disponíveis. Foi somente durante a realização do Plano Decenal de 1951-1960 que se constatou a necessidade de centralizar de uma maneira mais eficaz os inúmeros grupos que se dedicavam à construção, dando-lhes uma organização centralizada e uma política técnica unificada. Até 1954 a construção de moradias e de edifícios públicos em Moscou era

34. OHL, Herbert. Teoria e Técnica nella prefabbricazione e sua influenza sull'architettura. *Stile Industria*, 33:5-16, ago. 1961.

realizada por um elevado número de organizações de construção dependentes de 44 ministérios e autarquias diversas. Uma análise escrupulosa e multilateral demonstrou que as causas principais do funcionamento, naquela época insatisfatório, das equipes de construção em Moscou, eram sobretudo devidas ao baixo nível de organização na maioria dos grupos de produção e montagem, além de uma dispersão dos meios existentes numa grande quantidade de programas. Isto, por sua vez, implicava num rendimento insatisfatório dos quadros de mão-de-obra e dos recursos técnico-materiais...³⁵ Com a organização do "Glavmosstroï" foi possível passar a uma fase de construção em massa de habitações, segundo projetos-padrão, que eram produzidos integralmente em usinas. A existência de uma política habitacional e tecnológica unificada e dirigida para a industrialização da construção permitia a:

- aplicação de meios mais práticos de mecanização dos processos de produção para a fabricação de componentes para a construção e para a mecanização completa dos trabalhos de construção e montagem;
- melhora, sob todos os pontos de vista, da organização e dos métodos de trabalho, com o largo emprego de equipes especializadas na execução e no acabamento, que asseguram uma alta produtividade no trabalho, a diminuição dos tempos de construção e uma qualidade melhor dos trabalhos...³⁶.

35. PROMYSLOV, V.F. *Moscow in Construction — Industrialized Methods of Building* (traduzido do russo por B. Kuznetsov), Moscou, MIR Publishers, 1967. (Ver principalmente partes 1 e 2, Caps. 1 a 6). Sobre a industrialização da construção da União Soviética há poucas publicações. Ver principalmente:

- Documenti sull'industria edilizia in URSS. *Casabella continuità* n. 263, maio 1962, p. 29 e ss. O número precedente da revista, inteiramente dedicada à União Soviética, não abordava especificamente o problema da industrialização da construção. A longa bibliografia mencionada no fim da revista não trazia um título sequer sobre o assunto.
- PARKINS, M.F. *City Planning in Soviet Russia* — The University of Chicago Press — Cambridge University Press. 1953.
- KUSNETZOV, G.F. *Prefabrication con Hormigon Armado: Viviendas y Edificios Publicos*. Argentina, Editorial Lautaro. 1957.
- DYACHENKO, P. e MIROTVORSKY, S. *Prefabrication of Reinforced Concrete* translated from the russian by S. Klein. Moscou Peace Publishers s/d.
- CECCARELLI, P. *La costruzione de la ciudad sovietica*. Coletânea de estudos publicados simultaneamente por Marsilio Editori, Pádua e Editorial Gustavo Gili S.A. Barcelona 1970.
- CRESPI, R. L'Industrializzazione dell'edilizia. *Sapere*, 653, 1964.

36. PROMYSLOV, V.F. *Op. cit.* *Casabella Continuità*, p. 39.

Na França do após-guerra, a carência de materiais e mão-de-obra qualificada foi a principal força motora de todas as iniciativas. Num primeiro tempo, procedeu-se a uma intensa racionalização dos sistemas tradicionais. Em seguida e por um tempo relativamente curto, utilizaram-se elementos pré-fabricados em concreto armado de dimensões médias — aproximadamente 0,60 a 0,90 X 2,50 X 0,20 m — montados numa estrutura portante convencional. Estes elementos tinham um peso limitado de cerca de 1 tonelada, que correspondia à capacidade de levantamento dos equipamentos existentes. A experiência demonstrou que não havia vantagens neste caminho, pois o número de juntas verticais, as mais difíceis de executar, era muito grande. O tamanho dos painéis foi, pois, crescendo até atingir as dimensões de um vão completo. Desta maneira foi possível reduzir o número de juntas e, sobretudo, localizá-las nas intersecções dos elementos transversais e longitudinais. Estas juntas tornaram-se de solução muito mais simples tanto no plano estético quanto no plano técnico (resistência mecânica e impermeabilidade). Desta maneira, a estrutura portante foi abandonada e painéis de grandes dimensões com função estrutural, em concreto armado, acabaram por se impor com grande rapidez.

Este método construtivo generalizou-se e com pequenas variações domina atualmente o panorama da construção industrializada na Europa. Os edifícios, principalmente no que se refere à construção de habitações, são subdivididos em grandes elementos, em geral painéis parede, que são fabricados por uma empresa em usinas fixas ou usinas móveis ao pé dos canteiros, e montados por meio de guias, com equipes reduzidas de operários semi-especializados. Trata-se quase sempre de séries relativamente curtas, pois um molde repete apenas algumas centenas ou milhares de vezes a mesma peça durante sua vida útil. Os investimentos em equipamentos variam entre 5 e 15% e sua amortização entre 1% e 3% do preço final da habitação³⁷. É a assim chamada industrialização de CICLO FECHADO, pois uma mesma empresa, ou grupo de empresas coligadas, executa inteiramente com seus próprios meios e em suas

37. CIRIBINI, G. *Op. cit.* na nota 16 Cap. 1, p. 117 e ss.

próprias usinas o produto final, isto é, o edifício completo. Os construtores, estimulados por uma política habitacional que visava sob todas as formas o aumento de produtividade, lançaram-se por caminhos diferentes a uma série de pesquisas visando aumentar o número de habitações produzidas na unidade de tempo (N), mantendo os custos (C) estáveis. Na relação

$$P = \frac{n^{\circ} \text{ habitações/ano}}{C}$$

que exprime a Produtividade da indústria da construção, permitindo eventualmente comparar os resultados obtidos por diversas empresas mesmo em nível internacional, *C* exprime uma soma de quatro fatores que contribuem para o custo final da obra: 1 — custo da mão-de-obra de produção (salários diretos mais leis sociais); 2 — custo do projeto (mão-de-obra especializada empregada no projeto, controle e programação da montagem); 3 — amortização das instalações, custos da energia empregada e despesas de manutenção; 4 — despesas de transporte entre a oficina e o canteiro, relacionadas com uma unidade produzida definida como metros quadrados de área construída e expressa em horas de trabalho. O custo das matérias-primas, para efeito de comparação entre sistemas fechados, ou entre sistemas industrializados e sistemas tradicionais, pode ser eliminado, porquanto não é necessário comparar seus custos mas somente avaliar o custo ou energia dispendida no processo de fabricação, considerando o eventual maior custo das matérias-primas, nos sistemas industrializados, como “valor acrescido ao produto de base”³⁸. A produtividade aumenta quando, à paridade de custos, verifica-se um incremento do número de habitações produzidas. Para atingir esse resultado os construtores, de uma maneira geral, encontraram três grandes dificuldades. Inicialmente, e com o objetivo de diminuir o componente dos custos relativo à mão-de-obra de produção, (Cl) mecanizaram e concen-

38. Estudo sobre o índice de produtividade da indústria da construção efetuado pelo Instituto Betelle de Genebra, e citado por OLIVIERI, G.M. *Op. cit.* p. 102 e ss.

traram as operações de produção em usinas fixas ou móveis. Desta forma aumentaram porém os custos em equipamentos e em consequência a parcela de amortização (C3). Foi necessário então produzir com os mesmos equipamentos séries maiores para que os custos acrescidos fossem distribuídos uniformemente. Com isso cresceram enormemente os custos de programação e projeto (C2) e mais uma vez o tamanho das séries foi aumentado para amortizar esses custos acrescidos. Foi possível controlar os custos de transporte entre a usina e o canteiro (C4) através de uma série de variáveis que devem ser analisadas e ponderadas a cada novo canteiro contratado. Três são os casos possíveis: dois extremos e um duvidoso. Os casos extremos correspondem: o primeiro, à existência de uma usina que possa suprir o novo canteiro; o segundo, à ausência de usina. Suprir o novo canteiro significa que a usina em referência dispõe de uma reserva na sua capacidade de produção que pode ser ativada, e que a distância que a separa do novo canteiro corresponde às suas possibilidades de transporte. Isto significa, em outras palavras, que a "cadência de montagem" ou progresso do novo canteiro permite introduzir a nova série no programa ou capacidade de produção da usina.

"Esta noção de cadência da produção é muito importante: pode modificar radicalmente os dados de um problema. Uma operação de 1000 habitações à razão de 1 ou 1,5 habitações/dia difere, sensivelmente de uma operação da mesma importância à razão de 3 habitações/dia. A cadência 1 a 1,5 habitações/dia é uma cadência econômica; 3 hab/dia é uma cadência forçada; mais de 3 hab/dia já é tentar bater recordes. Pode-se em geral reduzir a importância da série, diminuindo a cadência, porque se aliviam os equipamentos, sobretudo quando se trata de uma usina externa, junto ao canteiro. Séries muito reduzidas, por exemplo, são exequíveis numa base de 4 habitações/semana".

O caso duvidoso corresponde às situações em que o novo canteiro está, por exemplo, no limite do raio de ação de uma usina fixa. Esta noção de "limite do raio de ação" é ela mesma elástica. Com efeito não é a distância propriamente que deve ser levada em conside-

39. AUDIN, M. "A construção por meio de grandes painéis pré-fabricados". Resumo da conferência proferida aos estagiários do curso "Techniques Modernes de Construction". Traduzida, anotada e publicada numa série de textos para leitura dos alunos em seminários da disciplina "Industrialização da Construção". Departamento de Publicações FAUUSP, 1971.

ração mas sim o número de "rotações"⁴⁰ possíveis num mesmo dia. Pode ser viável fazer duas rotações por dia numa distância de 80 km, sem obstruções, numa rodovia, e não conseguir completar uma sequer numa distância menor, num traçado difícil, num trânsito intenso. Da mesma maneira, o limite de capacidade de uma usina é flexível, pois pode ser vantajoso instalar junto ao canteiro uma pequena usina móvel que produzirá as peças mais simples, como os painéis divisórios, peitoris, lajotas de piso, acabamentos externos, etc., enquanto a usina central produzirá apenas as lajes e fachadas, por exemplo, cuja fabricação é mais delicada e complexa. Desta maneira, manipulando os componentes que influenciam os custos de transporte, os construtores, na sua maior parte, limitaram o problema, em última análise, ao tamanho da série a ser produzida. Quanto maior a série contratada, mais viável torna-se a industrialização, amortizando os custos dos projetos e dos equipamentos. Quanto maior a série maiores serão os recursos disponíveis para a mecanização e centralização das operações em usinas fixas que oferecem, inegavelmente, as maiores vantagens, pois permitem organizar o serviço segundo critérios de produtividade ótima, executar controles operacionais rigorosos e dar à mão-de-obra melhores condições de trabalho e um elevado grau de estabilidade.

A viabilidade da industrialização da construção ciclo fechado está, pois, vinculada à produção em grande série, distribuída uniformemente por um longo período de tempo. Desta recíproca dependência resultam as maiores dificuldades com que se defronta o setor no momento, e que podem ser enquadradas em duas ordens de pensamento: de um lado, a falta de uma clara e ordenada política de industrialização da construção; e de outro, a falha registrada pela maioria das grandes realizações do após-guerra em adequar a escala da produção à qualidade espacial requerida, pelo vulto das intervenções.

40. Rotação/dia — entende-se por rotação a viagem de ida e volta da carreta que fica no canteiro enquanto a grua vai montando as peças. Elimina-se assim a operação de descarga das peças no canteiro, ocorrendo muitas vezes, porém, um aumento no número de equipamentos, no caso carretas, pois o "cavalo" volta à usina com outra carreta vazia e assim sucessivamente.

A política habitacional, de uma maneira geral, sempre foi entendida como uma política de distribuição e administração de contratos para construção, visando contentar um maior número de empreiteiros. A preocupação inversa, isto é, favorecer o desenvolvimento de habitações melhores, a custos menores para um número maior de habitantes, muitas vezes foi perdida de vista por administrações submetidas a pressões políticas, a entraves burocráticos e freqüentemente a uma ausência total de objetivos a longo prazo. A reconstrução, para a maioria dos países europeus, foi uma ocasião perdida se considerada a possibilidade de organizar e implantar uma industrialização de base no setor de construção civil. Preferiram-se soluções de racionalização e a pulverização dos canteiros em um sem-número de pequenas empresas construtoras. Refletindo uma situação comum a muitos países europeus, a Itália, apesar de profundamente atingida pelas destuições da última grande guerra, oscilou continuamente na definição de sua política de reconstrução e até o momento não foi capaz de criar as condições propícias para a implantação efetiva da industrialização da construção.

Toda a construção pré-fabricada feita na Itália é subvencionada exclusivamente pelas entidades públicas, como aliás aquelas dos demais países europeus. O motivo desta "exclusividade" está no fato do Estado ser o único comitente em condições de pôr em concorrência trabalhos com as características e dimensões tais que justifiquem a criação de estruturas produtiva *ad hoc*, e de garantir aos produtores num futuro imediato uma demanda constante de moradias. Esta é também uma ação discriminatória do Estado em relação às empresas de menor capacidade de produção. A atual crise nas construções deixou claro este lado negativo da intervenção do Estado em nosso país: de fato, sua ação tornou-se mais cautelosa ultimamente, e as grandes empreitadas, antes contratadas de uma só vez, foram hoje fraccionadas em empreitadas menores com o objetivo de dar trabalho a mais empresas⁴¹.

A contradição é evidente: a industrialização de ciclo fechado, com o objetivo de aumentar a produtividade e diminuir os custos necessita de um ritmo constante de trabalho, num longo período de tempo; a política de distribuição dos contratos prefere freqüentemente diluir as concorrências, obrigando as firmas a trabalharem sem estímulo quer para investigar novos

41. OLIVIERI, G.M. *Op. cit.* p.103 e ss.

métodos de construção, quer para equipar seus canteiros e usinas. Não é viável modificar uma linha de produção uma vez por mês, nem mesmo uma vez cada dois meses; quanto maior a mecanização menos elástica é a possibilidade de introduzir modificações no ciclo produtivo, mais rígidos são a programação, o controle e a organização. São exceções a essa situação a França, Dinamarca e Suécia, que desenvolveram de forma contínua e coerente uma política de estímulos e incentivos à industrialização, possuindo hoje uma tecnologia própria, firmemente estabelecida. Este *know-how* está no momento sendo exportado sob a forma de licença ou mesmo atuações diretas pelas grandes empresas francesas ou escandinavas para quase todos os países europeus, inclusive para a Inglaterra que, na prática, só desenvolveu um conjunto de sistemas destinados à construção de habitações unifamiliares, escolas e pequenos edifícios administrativos. Nestes países, verificou-se tardiamente que a produtividade da construção tradicional diminuía constantemente e que não havia condições de atender à mudança na escala requerida pela elevação dos padrões de vida da população, exigindo um número crescente de habitações maiores e melhores. Verificou-se não haver condições de competição com os sistemas já experimentados, franceses e dinamarqueses, principalmente pelo custo que representam e pelo tempo necessário ao amadurecimento de uma tecnologia própria, ao aperfeiçoamento dos centros de pesquisas e dos técnicos e projetistas habilitados. Não estão incluídos nesta apreciação os países socialistas que a partir de um planejamento habitacional fortemente centralizado tiveram condições para desenvolver uma industrialização eficiente e altamente produtiva.

Dentro desta perspectiva, a construção de Brasília foi uma oportunidade perdida, poderia ter sido o princípio de um vigoroso trabalho visando a industrialização da construção no Brasil. Os atuais planos habitacionais teriam, do ponto de vista tecnológico, um roteiro seguro e uma base industrial mais organizada.

O problema de adequação de escala de produção à qualidade espacial das realizações parece ser consideravelmente mais complexo. Enquanto as primeiras realizações do após-guerra não iam além de 100 habitações num mesmo lugar, hoje os canteiros com 10000 ou mais

apartamentos tornaram-se freqüentes. A construção de conjuntos dessa envergadura está essencialmente vinculada ao emprego de sistemas industrializados de construção. Isto significa montar uma usina para produzir até mesmo 10 habitações por dia durante três ou mais anos, sem retomar os estudos, sem modificar as mesas de fabricação, portanto, dentro da mais estrita economia.

"E suspiraremos dentro da mais estrita monotonia... Nós preferimos dizer, dentro da mais estrita uniformidade pois as duas expressões não são sinônimas..."⁴².

Este jogo de palavras não esconde o grande problema com que se defronta a industrialização fechada de grande série. Constatou-se que a construção de edifícios com pouca profundidade era mais cara que edifícios profundos, pois o número de painéis-fachada, muito mais complexos de executar, era maior em relação à área de piso; que os edifícios isolados eram mais onerosos que os edifícios geminados em linha, pois os percursos da grua podiam ser melhor aproveitados; que variações excessivas nas disposições dos alojamentos, em nome de uma suposta maior adequação às exigências do mercado, não eram aceitáveis. Procurou-se, portanto, empregar projetos-modelo compostos por algumas plantas padrão, suscetíveis de serem industrializados eficazmente. Os resultados práticos que decorreram da aplicação maciça e indiscriminada dessas constatações foram profundamente medíocres. Os *grands ensembles* da região parisiense testemunham de forma insofismável que a repetição de blocos sempre iguais, que a somatória linear de mesmas unidades formando gigantescas serpentinas, retas ou sinuosas, como mais recentemente se pretendeu⁴³, não são suficientes para

42. AUDIN, G.M. *Op. cit.* p.6.

43. Ver, por exemplo, o conjunto "Les Courtilières", situado na Avenue de la Division Leclerc, Pantin, na região Norte de Paris, projeto do arquiteto Aillaud. Esta obra executada em 1959, pelo processo CAMUS, em grandes elementos de concreto armado, apresenta um edifício alongado e sinuoso com mais de 700 m de comprimento até ser interrompido por uma rua; continua do outro lado no mesmo alinhamento por mais 350 m aproximadamente. Do mesmo arquiteto há um outro enorme conjunto na região Sul de Paris La Grande Borne em Grigny (1967-1971), onde a serpentina tornou-se tão sinuosa que o próprio arquiteto a denominou "Le Labyrinthe", e o edifício com leves interrupções atinge alguns quilômetros de comprimento. Referência: I. SCHEIN, *Paris Construit Guide de l'architecture contemporaine*, 2. ed., Editions Vincent Freal et Co. Paris, 1961.

formar espaços urbanos com escala e dimensões humanas. Estes grandes conjuntos, dos quais a "Cité des Sablons" em Sarcelles na região Norte de Paris, obra dos arquitetos Boileau e Labourdette (1959) talvez seja o mais tristemente famoso⁴⁴, mas certamente não o pior, revelam que a indústria de per si não é capaz de resolver os problemas dos aglomerados urbanos; que a simples resolução dos problemas tecnológicos inerentes à produção não é suficiente para suprir a ausência de imaginação social e espacial. Os sistemas mais difundidos são extremamente limitados do ponto de vista inventivo e mal orientados do ponto de vista cultural porque procuram a solução do problema exclusivamente no âmbito tecnológico de suas próprias experiências, e não de um ponto de vista global. A consciência desse problema tem aumentado, e as dificuldades encontradas pelos construtores franceses e escandinavos em impor séries muito longas obrigaram os projetistas a procurar novos caminhos. Mesmo nos países socialistas, principalmente na Tcheco-Eslováquia e na Hungria⁴⁵, os construtores passaram a considerar vantajosos os sistemas mais flexíveis, pois na prática revelou-se bastante difícil impor o mesmo tipo de habitação a 10000 famílias distintas ou mesmo a 100000 como foi tentado. Parece pois não ser realista, dentro do sistema econômico liberal, imaginar a construção de 100000 habitações idênticas, nem mesmo 10000.

Em consequência, se não é a habitação que pode beneficiar-se da produção em grande série, é preciso admitir que são as partes, os componentes da habitação; se não é possível imaginar a construção de 100000 habitações iguais, pode-se imaginar, no entretanto, a execução de 100000 painéis de fachada iguais, que poderão ser vendidos a numerosos construtores e que poderão mesmo ser exportados. Pode-se

44. Sobre este conjunto muito se tem debatido. I. SHEIN no *Op. cit.* acima, p.228, escreveu: "... O conjunto de Sarcelles será para os arqueólogos do ano 3000 a prova da desordem cultural, política, arquitetônica e cívica do após-guerra. Este conjunto é também, o motor de uma tomada de consciência da qual os jovens arquitetos, os jovens administradores e políticos, decidiram tirar partido, o que lhe permitirá nunca mais pensar em cometer tais erros..." Ver a esse respeito também: "Les Grands Ensembles douze ans après" por Jean Lagarde em *URBANISME Revue Française* n. 106, 1968, p.30 e ss.

45. JORDAN, John. Industrialized Building in Eastern Europe: Hungary. *The Architect's Journal*, Londres, p.713 e ss., 22 mar. 1967 (Information Library: Technical Study UDC 69.002.2 Production: Prefabrication). JORDAN, John Industrialized Building in Eastern Europe: Czechoslovakia. *The Architect's Journal*, Londres, p.961 e ss. 19 abr. 1967.

assim atingir a grande série muito mais facilmente com os componentes do que com a habitação completa⁴⁶.

A industrialização de componentes destinados ao mercado, e não exclusivamente às necessidades de uma só empresa, é hoje conhecida como industrialização aberta ou de CICLO ABERTO, por oposição à fechada, que consiste em pré-fabricar elementos em função do próprio consumo, nas próprias obras. Retorna-se assim à primitiva divisão do trabalho que, sem dúvida, oferece as melhores possibilidades de especialização e consequentemente de standardização e produção em massa. Os elementos assim produzidos poderão ser combinados entre si numa grande variedade de modos, gerando os mais diversos edifícios e satisfazendo uma larga escala de exigências funcionais e estéticas. É também conhecida como industrialização de catálogo pois obriga o fabricante a estabelecer um catálogo, e possivelmente um estoque, que contenha as características dos elementos, definidos seja pelas qualidades físicas de resistência, isolamento, peso, etc., seja pelas dimensões e tolerâncias de fabricação. A industrialização aberta não é uma idéia nova, pois já fazia parte das propostas para a habitação mínima discutida pelos arquitetos de vanguarda nos anos cruciais do primeiro pós-guerra. Nesse período constatou-se a necessidade de retomar a pesquisa arquitetônica nos seus aspectos mais simples com o objetivo de enquadrar o problema da composição com a necessária racionalidade. Assim, a casa foi subdividida em uma série de componentes elementares e o projeto numa sucessão de etapas: inicialmente, estudaram-se as partes, e, em seguida, suas combinações. As células de habitações foram agrupadas formando unidades de residência e unidades de vizinhança e a cidade foi concebida como um agregado de unidades de vizinhança reunidas em grupos segundo a hierarquia das funções. Esta metodologia de trabalho foi de encontro a uma necessidade sentida por todos em racionalizar a fase de concepção do projeto, pois permitiria distribuir os esforços intelectuais de maneira mais correta, colocando cada decisão no tempo e na escala própria. Mas foi também, e fundamentalmente, a maneira de ade-

46. BLACHÈRE, G. Tendências da Industrialização da Construção. *Op. cit.* p. 16 e ss.

quar a nova arquitetura, pela subdivisão da célula de habitação, nos seus componentes elementares, aos critérios da produção industrial. Neste sentido, as pesquisas efetuadas nesse período revelaram-se de extrema lucidez, pela clareza com que relacionaram a natureza da atividade urbanística com a arquitetura que a conformava, e esta por sua vez com a indústria, a qual permitia produzir na quantidade e no tempo exigido pelas novas realizações e de uma maneira econômica. Já em 1924, quando diretor do Bauhaus, Gropius enunciou com precisão o programa de trabalho a ser desenvolvido:

a redução no custo da construção de habitações é de importância decisiva para o orçamento nacional. As tentativas para reduzir os custos dos métodos convencionais de trabalho manual introduzindo técnicas mais rigorosas de organização, somente produziram pequenos progressos. O problema não foi encarado pelas suas raízes. O novo objetivo, por outro lado, seria a manufatura mediante métodos de produção em massa de habitações de estoque, que não mais seriam construídas no canteiro, mas produzidas em fábricas especiais na forma de partes ou unidades componentes prontas para montagem. As vantagens deste método de produção seriam proporcionalmente maiores na medida em que fosse possível montar no canteiro estes componentes pré-fabricados das habitações, tal como se montam as máquinas⁴⁷.

Com estes objetivos em mente, uma pré-fabricação parcial foi realizada em 1926 no conjunto Törten em Dessau, e uma outra tentativa foi realizada no Weissenhof de Stuttgart em 1927, onde duas habitações foram construídas com estrutura metálica e painéis divisórios compostos por um miolo de cortiça e revestimentos de fibrocimento. Em 1931 Gropius desenvolve para a Hirsch Kupfer und Messingwerke A. G. uma habitação mínima que podia crescer pela adição de novos componentes, constituídos basicamente por painéis de madeira autoportante, revestidos internamente com placas de fibrocimento e externamente com chapas corrugadas de

47. GROPIUS, W. *Scope of Total Architecture*, Nova York, Harper & Brothers Publishers, 1955. Este livro é uma coletânea dos artigos do grande mestre alemão, que Bruno Zevi chamou "o maior educador da arquitetura contemporânea", reunidos segundo quatro grandes temas: a educação dos arquitetos e projetistas; o arquiteto contemporâneo; planejamento e habitação e objetivos da arquitetura integral. Para os fins deste trabalho ler principalmente: os artigos n. 9 "CIAM 1928-1953", n. 10 "Premissas sociológicas para a habitação mínima das populações industriais urbanas" e n. 14 "A indústria da Construção", à p. 151, do qual foi retirada a passagem citada. Em relação às traduções deste livro ver nota 12, Cap. 1.

cobre⁴⁸. Mas no mesmo ano, todo o trabalho de desenvolvimento foi interrompido pela crise econômica e pouco depois, com a ascensão dos nazistas ao poder, a pesquisa foi definitivamente abandonada. As experiências de Gropius prosseguiram nos EUA onde elaborou, associado a K. Wachsmann um sistema de construções que ficou conhecido como "General Panel System". Em 1947, foi montada uma fábrica em Los Angeles que passou a produzir componentes para habitações, totalmente industrializados;

não se tratava de construir um certo tipo de casa mas simplesmente desenvolver o elemento pré-fabricado mais completo, que pudesse ser usado para qualquer tipo de construção, em um ou dois pisos, mediante uma montagem simples no canteiro com uma mão-de-obra sem experiência.

Com este resultado, foi possível integrar no mercado de consumo, como qualquer outro produto industrial, um sistema de industrialização de habitações, experimentado e desenvolvido inteiramente dentro dos critérios de produção industrial. O material usado nos componentes da General Panel foi basicamente a madeira, seja porque podia ser obtida em quantidade e qualidade, seja porque era mais econômica, para os objetivos que se desejavam. Este sistema apresentou resultados comerciais positivos porque integrou-se no quadro de uma experiência americana de moradias em madeira, iniciada com a casa tipo *balloon frame* ou estrutura tipo Chicago, que há mais de cem anos é a base de construção residencial suburbana norte-americana.

Os mesmos resultados não foram obtidos até o presente momento em outros contextos econômicos tecnológicos e sociais. Não foi possível obter sistemas suficientemente flexíveis em concreto armado ou aço ou mesmo com as novas matérias plásticas. É preciso que os componentes feitos dos mais diversos materiais possuam as características básicas de um sistema aberto, ou em outras palavras é preciso que tais peças sejam SUBSTITUIVEIS por outras de diferentes origens; INTERCAMBIÁVEIS, isto é, possam assumir diferentes

48. GIEDION, S. *Walter Gropius L'uomo e l'opera*. Milão, Edit. Di Cominità, 1954, pp. 73 e 193.

49. WACHSMANN, Konrad. *Una Svolta nelle Costruzioni*. Milão, Edit. Il Saggiatore, 1960, cit. em GRISOTTI, M. *Op. cit.*, p. 66 e ss.

posições dentro de uma mesma obra; COMBINÁVEIS entre si formando conjuntos maiores (aditividade dos termos), e que por sua vez sejam PERMUTÁVEIS por uma peça maior ou por um número de peças menores. O problema passa então a concentrar-se nas relações entre os elementos; na maneira de associar uma infinita gama de materiais nas mais diversas situações e, indubitavelmente, produzir com eles uma arquitetura melhor, mais rica, mais flexível, mais capacitada a dar uma resposta adequada à complexidade da vida social urbana contemporânea⁵⁰.

O problema não reside propriamente na dificuldade técnica de produzir juntas com características universais, mas em estabelecer critérios válidos e aceitos por todos sejam projetistas, fabricantes ou construtores. A subdivisão do processo de construir em um número elevado de subprocessos ou especializações permite, sem dúvida, um alto grau de standardização e a produção em massa de componentes, mas exige um esforço muito grande de coordenação desses elementos. Sobretudo, é preciso haver um acordo dimensional e qualitativo sobre o que vai ser produzido para o mercado aberto.

A necessidade de se estabelecer um acordo dessa natureza, pelo qual fosse possível coordenar os elementos de uma construção produzidos industrialmente, foi sentida há muitos anos e foi objeto de uma pesquisa sistemática e criteriosa que assumiu o nome geral de COORDENAÇÃO MODULAR.

A adoção de um sistema de coordenação modular como fundamento para a normalização dos elementos de construção é uma condição essencial para industrializar sua produção. O objetivo deste sistema é o de organizar as dimensões das construções, de maneira a reduzir a variedade de tamanhos nos quais todos os componentes e equipamentos devam ser produzidos, e permitir seu uso no canteiro sem modificações, cortes ou retoques, tomando como referência a dimensão de base denominada módulo. O termo "módulo", de onde deriva a expressão "coordenação modular", vem do latim (*modulus*-pequena medida) e contém em si dois conceitos distintos. O primeiro considera o módulo como unidade de medida, em dimensão normal, isto é,

50. CROSBY, Theo. *Architecture City Sense*. Londres, Studio Vista, 1965 (Ver principalmente "Action Building", p. 85 e ss.)

oferece uma base dimensional que associada a uma série de números dá origem a uma gama de formatos ou, de uma maneira geral, a uma série de dimensões ordenadas. Na arquitetura helênica e em seguida na arquitetura clássica inspirada nos tratados de Vitruvius (Os dez Livros de Arquitetura, Século I a.C.) ou Palladio (Quatro livros de Arquitetura, 1570), o módulo é, de uma maneira geral, uma unidade de proporção, na maioria dos casos, o raio de uma coluna na base, à qual estão relacionadas as dimensões de todas as outras partes do edifício. Cada uma destas dimensões é um múltiplo do módulo, sem ser forçosamente um múltiplo de uma outra dimensão, ou, em outras palavras, as dimensões não são comensuráveis entre si. Todavia, a concepção atual da coordenação modular tem aspectos utilitários que ultrapassam as considerações de estética e harmonia. O objetivo principal é o de tirar o melhor partido possível, no plano econômico, da tipificação modular, utilizando elementos normalizados, no maior número possível de edifícios. Foi este aspecto utilitário que interessou ao engenheiro americano Albert F. Bemis, o qual dedicou-se durante a Primeira Guerra Mundial à aplicação da idéia modular à construção de habitações. Propôs, pela primeira vez, o uso de um módulo cúbico e concebeu a idéia de uma "matriz" gerada por esses módulos cobrindo todo o edifício em três dimensões. Sua tese era a de que se todos os componentes da construção fossem dimensionados em múltiplos do módulo, eles poderiam ser racionalmente organizados dentro da matriz⁵¹.

O segundo conceito implícito no termo módulo é o de fator numérico, isto é, estabelece uma correlação entre os termos de uma série de números ou entre as dimensões de uma gama de grandezas. Seria, por exemplo, o fator constante (razão) nas progressões aritméticas e geométricas. É esta concepção que está na base do "modular", uma série de dimensões normalizadas estabelecida por Le Corbusier e publicado em 1948. Neste caso, o fator multiplicador comum ou módulo é igual a 1,618 e constitui o princípio unificador de uma gama de dimensões gerada por duas séries de Fibonacci. Na prática,

51. BEMIS, A.F. *The Evolving House*; Vol.3: *Rational Design*. Cambridge Mass., Cambridge Technology Press, 1936. Ver também PLANNING units for house design — Discussions of Bemis cubical module "interalia". *Architectural Record*, Nova York, 80(1):66 e ss. 1936.

ca, as possibilidades de aplicação destas grandezas são limitadas principalmente pela falta de aditividade dos termos⁵².

Os princípios que governam a coordenação modular não são novos portanto, mas foi somente depois da Segunda Guerra Mundial que foi sentida a necessidade de sistematizar os estudos tendo em vista as técnicas modernas de industrialização da construção. O primeiro passo no sentido de unificar as experiências isoladas foi dado pela Agência Européia de Produtividade (AEP), da Organização Européia de Cooperação Econômica (OECE), que em novembro de 1953 reuniu um grupo de especialistas para discutir o relatório apresentado pela Grã-Bretanha sobre a coordenação modular. Na Inglaterra, o estudo do problema havia se iniciado já nos últimos anos da guerra com a publicação em 1944 de um estudo: "Standard Construction for schools" que teve notáveis repercussões no desenvolvimento de sistemas para a construção de edifícios escolares. No mesmo ano, o Ministério das Obras Públicas publicou um "Survey of Prefabrication" e, em 1946, um estudo "Further Uses of Standards in Building" no qual se relacionavam as propostas contidas no relatório "American A62 Guide" com a prática profissional daqueles anos. Em 1947, o Building Divisional Council da British Standard Institution criou uma comissão encarregada de estudar o assunto. Em 1951 o Comitê publicou um informe "British Standard. 1708 — Modular Coordination"⁵³, que rapidamente foi divulgada, discu-

52. LE CORBUSIER. *Le Modulor, essai sur une mesure harmonique à l'échelle humaine, applicable universellement à l'architecture et à la mécanique*. Boulogne Sur Seine, Editions L'Architecture d'Aujourd'hui, 1948/50.

O problema da aditividade dos termos pode ser verificado, por exemplo, multiplicando por três os termos da série vermelha obtendo-se os seguintes valores em polegadas: 12, 19 1/2, 31 1/2, 51, 82 1/2, 133 1/2, 216, 349 1/2 e 565 1/2, e nenhum destes valores encontra-se numa ou noutra série. Tal fato verifica-se também com muitos outros múltiplos simples das dimensões do modulor, impedindo seu uso em maior escala e principalmente em relação à industrialização da construção.

Ver também os seguintes artigos sobre o assunto:

GHYKA, M. Le Corbusier's Modulor and the concept of the Golden Mean. *Architectural Review*, Londres, p.39 e ss. fev. 1948.
ENTWHISTLE, C. "How to Use the Module" e "Derivation of a module" — Plan 9 Group. *Architectural Design*, Londres, p.72 e ss., mar. 1953.
HOESLI, B. Le Corbusier Modulor. *Werk*, Zurique, p.15 e ss., jan. 1954.
COLLINS, Peter Modulor. *Architectural Review*, Londres, p.5 e ss., Jul. 1954.

53. "Modulor Coordination" BS 1708: 1951 First Report of BSI Committee. London, BSI — February 1951. Ver também:

tido e se tornou a base para todos os desenvolvimentos posteriores. Na reunião patrocinada em 1953 pela AEP ficou acertado que a melhor maneira de proceder ao estudo seria subdividi-lo em duas fases: na primeira, seriam recolhidas as opiniões e experiências dos países participantes, elaborando-se uma teoria sintética da coordenação modular; na segunda fase, proceder-se-ia à aplicação prática a fim de controlar a teoria⁵⁴. Assim se agiu efetivamente, cada fase deu origem a um relatório hoje considerado básico sobre o assunto⁵⁵. Os estudos, desde então, tiveram prosseguimento centralizados numa comissão de trabalho denominada Grupo Modular Internacional (GMI), membro do International Council for Building Research, Studies and Documentation (CIB)⁵⁶. Este é atualmente o principal fórum para a discussão dos aspectos técnicos relativos ao assunto. O grupo foi constituído em 1960 pelos membros originais do projeto AEP n. 174, mas desde então foi ampliado — abrigando representantes de todos os países nos quais pesquisas estivessem sendo elaboradas. Os objetivos do trabalho no presente, variam desde uma revisão geral dos princípios teóricos básicos, até a publicação de normas para a seleção de dimensões preferenciais. As recomendações do GMI referem-se essencialmente ao estabelecimento de normas nacionais de coordenação dimensional tomando como base um módulo de 10 centímetros ou 4 polegadas. Os estudos e pesquisas atualmente em andamento estão associados à ave-

Modular Coordination: first Report of the BSI Committee BS 1708. *Architect and Building News*, Londres, p.319 e ss., mar. 1951.

54. CAPORIONI; GARLATTI; TENCA; MONTINI. *La Coordinación Modular* (trad. esp. do original italiano) Barcelona, Editorial Gustavo Gili S.A., 1971, pp.51, 83 e ss.

55. Primeiro relatório: "La Coordination Modulaire dans le bâtiment", Project n. 174 — Publié par L'Agence Européenne de Productivité de l'Organisation Européenne de Coopération Economique — Paris, 1956.

Segundo relatório: "La Coordination Modulaire — deuxième rapport — Projet EAP 174. *Idem ibidem*, Paris, 1961.

Ambos os volumes foram publicados simultaneamente em várias línguas. As informações contidas neste trabalho foram obtidas a partir destes livros.

56. INNOVATION in Building. Contributions at the second CIB Congress, Cambridge, 1962. Edited by the International Council for Building Research Studies and Documentation — CIB. Amsterdã, Elsevier Publishing Company, 1962.

— TOWARDS Industrialized Building. Contributions at the third CIB Congress, Copenhagen, 1965. Edited by the International Council for Building Research Studies and Documentation — CIB. Amsterdã, Elsevier Publishing Company, 1966.

riguação dos métodos adequados para selecionar uma certa gama de dimensões tendo em vista a industrialização de um elemento qualquer ou um grupo de elementos dados. Qual é o número mínimo de grandezas e como fixar cada uma delas? Como responder rapidamente e sem erros a essas perguntas quando se tornar necessário tomar decisões, praticamente definitivas, no momento de lançar a produção em grande série de um componente? Mesmo que seja possível alcançar um certo consenso sobre as dimensões de uma série de componentes um fabricante ainda poderá estar em dificuldades se lhe for pedido produzir esta gama numa variedade de especificações. É por esta razão que os estudos sobre a coordenação dimensional devem sempre ser acompanhados por um estudo sobre o comportamento dos materiais e sobre as especificações de execução e acabamento, de tal maneira que cada série de componentes possa ser indicada em termos de dimensões preferenciais e especificações de material e acabamento.

Tendo em vista alcançar estes dois objetivos, nos vários países membros, as discussões estão sendo levadas adiante pelos Departamentos Governamentais e pelas indústrias em relação a um grande número de componentes tais como janelas, partições, equipamento para cozinha e banheiros, portas e batentes, pisos, paredes e escadas. Na Inglaterra um "Grupo Interdepartamental de Trabalho" composto por membros de vários ministérios e associado à Building Research Station (BRS) e à National Building Agency (NBA) vêm executando um certo número de projetos, principalmente no setor de habitações, edifícios escolares, hospitais e edifícios públicos, nos quais dimensões preferenciais tenham a possibilidade de ser comprovadas praticamente. Há uma certa variedade de enfoques e as experiências estão sendo coletadas, estudadas e serão divulgadas oportunamente⁵⁷.

57. *The Coordination of Dimensions for Building*. Royal Institute of British Architects — SIB Ba₄/UDC 721.013. Coordenador da edição Bruce Martin, Londres, 1965.

Deste livro, extraordinariamente sintético e objetivo, foram tiradas as informações relativas aos desenvolvimentos mais recentes da Coordenação Modular.

Na França, com a construção de conjuntos habitacionais especialmente selecionados, conhecidos como "Setores Reservados" criaram-se estímulos para que a indústria da construção aberta tenha condições de se implantar. Trata-se, em grandes linhas, de facilitar o financiamento de programas habitacionais à condição que as empresas construtoras respeitem determinados parâmetros, como, por exemplo, a coordenação modular ou utilizem elementos pré-fabricados dentro do sistema aberto, como fachadas industrializadas, divisórias ou ainda componentes para cozinhas e banheiros que tenham sido previamente selecionados. Trata-se ainda de um setor experimental, de vanguarda, reduzido como número de realizações, mas fundamental no desenvolvimento da política habitacional francesa⁵⁸.

Em resumo pode-se afirmar que há um consenso generalizado sobre os objetivos a alcançar: chegar a um acordo sobre as dimensões básicas dos principais componentes da construção, de tal maneira a permitir o desenvolvimento da industrialização da construção de ciclo aberto. É de se prever um progresso lento mas seguro, pois soluções rápidas e fáceis dificilmente revelam-se úteis e válidas. A coordenação modular está tão intimamente ligada ao desenvolvimento da industrialização da construção que não poderá adiantar-se demasiadamente em relação à evolução da tecnologia sem o risco de se tornar mera especulação teórica. Na medida em que os princípios básicos da coordenação modular emergirem mais claramente e se tornarem mais amplamente conhecidos, a seleção das dimensões preferenciais resultará mais simples e diretamente associada ao processo de projetar, fabricar e construir. A coordenação modular deverá desenvolver-se paralelamente à industrialização da construção servindo-lhe de instrumento disciplinador e normativo no quadro de uma política habitacional centrada no desenvolvimento tecnológico. Em outras palavras, a experiência da reconstrução europeia revelou que não é viável imaginar uma solução para os grandes problemas habitacionais sem um considerável aumento na produtividade da indústria da cons-

58. BLACHÈRE, G. Que devient la coordination modulaire? *Cahiers du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment*. Paris, 318:18 e s., ago. 1959.

trução. Este incremento só pode ser obtido através de um considerável esforço de desenvolvimento tecnológico, fruto de uma política habitacional equacionada e aplicada com clareza. Os instrumentos para este desenvolvimento, quer sejam os laboratórios de pesquisas, a formação de arquitetos, engenheiros e técnicos capacitados, a elaboração de normas dimensionais e qualitativas, a criação de uma legislação urbanística adequada à escala e continuidade dos empreendimentos, bem como a liberação de recursos financeiros suficientes e equilibrados no tempo e no espaço, não se organizam e integram sem a interferência de uma decidida vontade de atuação, de um claro objetivo expresso e manifesto através de uma política habitacional conduzida com lucidez e visão dos objetivos a alcançar e dos meios a estimular⁵⁹.

59. "Coordinación Modular en Vivienda" — Documento Preparado en virtud del Programa de Asistencia Técnica de las Naciones Unidas. Informe n. TAO/GLOBAL/4 — Nova York, jun. 1966.