

Oh Brutus! As bases de constituição da cultura técnica da tecnologia construtiva do concreto armado no Brasil

Maria Luiza de Freitas

Arquiteta e Urbanista pelo IAU-USP. Doutora pela FAUUSP. Professora adjunta de Tectônica da Arquitetura do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pernambuco (DAU-UFPE).
Avenida da Arquitetura, s/n. Cidade Universitária. Tel.: 2126-8771. Recife-PE, Brasil,
arquitetamalufreitas@gmail.com

Oh Brutus! As bases de constituição da cultura técnica da tecnologia construtiva do concreto armado no Brasil

A década ampliada de 1960 é o momento em que a consolidação da tecnologia construtiva do concreto armado possibilita a produção de obras grande impacto nas cidades brasileiras. Duas empresas construtoras se destacam nesse processo, a Companhia Construtora Nacional, que tem origens na construtora alemã Wayss & Freytag, e a dinamarquesa Christiani & Nielsen, como as únicas altamente especializadas na tecnologia construtiva do concreto armado. Apenas as duas foram habilitadas para a construção do edifício do Congresso Nacional, obra prima da interação da criatividade do arquiteto Oscar Niemeyer e da engenhosidade do cálculo estrutural de Joaquim Cardozo. Ambas, participaram das iniciativas em prol da racionalização da construção empreendidas nos edifícios do campus da Universidade de Brasília e na fabricação de habitações. Contudo, as bases de constituição da cultura técnica da tecnologia construtiva do concreto armado no Brasil são traçadas desde o início do século XX, quando essas empresas construtoras começam a introduzir o concreto armado fazendo obras, primeiro de edificações industriais e de infraestrutura urbana, possibilitando a modernização arquitetônica e urbana. A constituição e consolidação de uma cultura técnica especializada do concreto armado dependem da ação de diferentes profissionais – engenheiros, arquitetos e construtores – os quais, ao desafiarem o senso-comum de um estado da arte construtiva e estética, formularam uma tecnologia construtiva, definida por Gama, em 1994, como a “*sistematização científica dos conhecimentos relacionados com as técnicas*”. Esta concepção é de fato complexa, não apenas em relação à história dos aparatos mecânicos e da constituição da indústria da construção civil, como também na transformação do apuro estético, no processo de crescimento das cidades e na distribuição e formação da mão de obra. O mercado da construção civil é composto por três agentes: a opinião pública (*i.e.*, os clientes), o poder público e a mão de obra. Esta tríade completa assim o que denominamos de cultura técnica. Este trabalho explora o discurso, o imaginário e o ideário montado a partir de intensos diálogos que ocorreram entre a Europa e as Américas do Sul e do Norte de constituição e consolidação da cultura técnica da tecnologia construtiva do concreto armado. Tal cenário é construído por meio de reportagens de jornais diários, como pelas conexões de profissionais estrangeiros da construção civil, pela ida de personagens brasileiros a estes lugares, até pela existência de uma ampla bibliografia sobre o assunto que compõe o acervo das principais escolas de engenharia e de arquitetura nacionais, como também o acervo particular de escritórios de arquitetura e das construtoras. Considerando os fatos relacionados, é preciso ressaltar o poder de sedução dos inventos mecânicos que constituíram ferramentas de transformação da sociedade, da paisagem e dos territórios. O fascínio pelo novo e pela inovação, juntamente com a vontade de ultrapassar os domínios do corpo humano pela criação de aparatos mecânicos, como aqueles que possibilitavam transcorrer maiores distâncias em menos tempo (a locomotiva e o automóvel), sobrepujar as forças gravitacionais (o zepelim e o avião) e produzir em maior escala, marcaram o estado da arte das técnicas a partir do século XVIII. A modernidade era realmente sedutora e nela se insere a invenção de técnicas, sistemas e processos de construção.

Palavras-chave: concreto armado; cultura técnica; consolidação.

ABSTRACT

The long decade of the sixties is the moment when the consolidation of the constructive technology of the reinforced concrete enables the productions of works of great impact in Brazilian cities. Two construction companies stand out in this process, the Companhia Construtora Nacional, which has its origins in the German construction company named Wayss & Freytag, and the Danish company Christiani & Nielsen as highly specialized in the construction technology of reinforced concrete. Just the two of them were qualified to build the National Congress building, masterpiece of the interaction between the creativity of the architect Oscar Niemeyer and ingenuity of the structural engineer Joaquim Cardozo. Both companies participated in the initiatives for rationalization the construction undertaken on the building of the University of Brasília and producing houses. However, the foundations on which the technical culture of constructive technology of reinforced concrete in Brazil are drawn from the early twentieth century, when these two construction companies introduced the reinforced concrete constructing building and urban infrastructure, enabling architectural and urban modernization. The establishment and consolidation of a technical culture, based on reinforced concrete, depend on the action of different professionals – engineers, architects and construction companies – which, as defying common sense of a state of art of construction and aesthetic formulated a constructive technology, defined by Gama in 1994, as the “scientific systematization of knowledge related techniques”. This design is indeed complex, not only in relation to the history of mechanical devices and the constitution of the construction industry, as well as the transformation of aesthetic notion, the process of cities growth and distribution and training of manpower. The construction market is composed of three members: the public (ie, customers), the government and labor. So this triad completes what we call culture technique. This work explores the discourse, imagery and ideas assembled from intense dialogue that occurred between Europe and South and North of the constitution and consolidation of technical culture of constructive technology of reinforced concrete. Such a scenario is constructed through daily newspaper reports, such as the connections of foreign professionals in construction, by way of Brazilian characters to these places, even the existence of an extensive bibliography on the matter that makes up the collection of the top engineering schools and national architecture, as well as the private collection of architecture firms and construction companies. Considering the facts related, we must emphasize the seductive power of the mechanical inventions which were tools to transform society, landscape and territory. The fascination with the new and innovation, coupled with the desire to go beyond the realms of the human body by creating mechanical devices, such as those that represented elapse greater distances in less time (the locomotive and cars), to overcome the gravitational forces (the zeppelin and plane) and produce on a larger scale, marked the state of the art techniques from the eighteenth century. Modernity was really enticing and it fits the invention of techniques, systems and construction processes.

Keywords: reinforced concrete; technical culture; foundations.

Oh Brutus! As bases de constituição da cultura técnica da tecnologia construtiva do concreto armado no Brasil

INTRODUÇÃO

Arquitetura, Construção, Tectônica da Arquitetura e Concepção Estrutural são termos – do campo dos profissionais do espaço construído - tão vigentes no vocabulário atual e presente nas salas de aulas das Universidades, no dia a dia da prática dos arquitetos, que muitas vezes, se confundem seus significados, chegando a se fundirem em um só termo. Faz-se necessário, assim, entender a formulação de cada um destes vocábulos, pontuando os interstícios históricos nos quais denotam os momentos que possibilitaram transformações em seus significados, ora ligando uma palavra a outra, como no caso de Arquitetura e Construção, ora, provocando cisões, como na separação da profissão do arquiteto da do engenheiro, que permite a formulação de uma teoria da concepção estrutural empregada pelos engenheiros.

A década ampliada de 1960 é o momento em que a consolidação da tecnologia construtiva do concreto armado possibilita a produção de obras grande impacto nas cidades brasileiras. Duas empresas construtoras se destacam nesse processo, a Companhia Construtora Nacional, que tem origens na construtora alemã Wayss & Freytag, e a dinamarquesa Christiani & Nielsen, como as únicas altamente especializadas na tecnologia construtiva do concreto armado. Apenas as duas foram habilitadas para a construção do edifício do Congresso Nacional, obra prima da interação da criatividade do arquiteto Oscar Niemeyer e da engenhosidade do cálculo estrutural de Joaquim Cardozo. Ambas, participaram das iniciativas em prol da racionalização da construção empreendidas nos edifícios do campus da Universidade de Brasília e na fabricação de habitações.

Contudo, as bases de constituição da cultura técnica da tecnologia construtiva do concreto armado no Brasil são traçadas desde o início do século XX, quando essas empresas construtoras começam a introduzir o concreto armado fazendo obras, primeiro de edificações industriais e de infraestrutura urbana, possibilitando a modernização arquitetônica e urbana. A constituição e consolidação de uma cultura técnica especializada do concreto armado dependem da ação de diferentes profissionais – engenheiros, arquitetos e construtores – os quais, ao desafiar o senso-comum de um estado da arte construtiva e estética, formularam uma tecnologia construtiva, definida por Gama, em 1994, como a “*sistematização científica dos conhecimentos relacionados com as técnicas*”.

Esta concepção é de fato complexa, não apenas em relação à história dos aparatos mecânicos e da constituição da indústria da construção civil, como também na transformação do apuro estético, no processo de crescimento das cidades e na distribuição e formação da mão de obra. O mercado da construção civil é composto por três agentes: a opinião pública (*i.e.*, os clientes), o poder público e a mão de obra. Esta tríade completa assim o que denominamos de cultura técnica.

Este trabalho explora o discurso, o imaginário e o ideário montado a partir de intensos diálogos que ocorreram entre a Europa e as Américas do Sul e do Norte de constituição e consolidação da cultura técnica da tecnologia construtiva do concreto armado. Tal cenário é construído por meio de reportagens de jornais diários, como pelas conexões de profissionais estrangeiros da construção civil, pela ida de personagens brasileiros a estes lugares, até pela existência de uma ampla bibliografia sobre o assunto que compõe o acervo das principais escolas de engenharia e de arquitetura nacionais, como também o acervo particular de escritórios de arquitetura e das construtoras.

Considerando os fatos relacionados, é preciso ressaltar o poder de sedução dos inventos mecânicos que constituíram ferramentas de transformação da sociedade, da paisagem e dos territórios. O fascínio pelo novo e pela inovação, juntamente com a vontade de ultrapassar os domínios do corpo humano pela criação de aparatos mecânicos, como aqueles que possibilitavam transcorrer maiores distâncias em menos tempo (a locomotiva e o automóvel), sobrepujar as forças gravitacionais (o zepelim e o avião) e produzir em maior escala, marcaram o estado da arte das técnicas a partir do século XVIII. A modernidade era realmente sedutora e nela se insere a invenção de técnicas, sistemas e processos de construção.

Desse modo, este texto está dividido em duas partes distintas, que se complementam ao ter como fio condutor a tecnologia construtiva do concreto armado. Discute-se se arquitetura é passível de se entender como construção, bem como o processo de formulação de duas disciplinas autônomas, a arquitetura e a engenharia. Também se percorre, brevemente, a trajetória do termo Tectônica da Arquitetura, trazendo a tona a noção do nó, do ponto de apoio como mote da construção. Parte-se deste ponto para se iniciar pela construção da ideia de concepção estrutural aplicada às modernas estruturas de concreto armado concebidas pelos engenheiros, arquitetos construtores e engenheiros arquitetos atuantes na primeira metade do século XX.

Inserido no âmbito das cidades da Revolução Industrial, demandas por novos programas, infraestrutura e redes de comunicações criaram um cenário propício para a modernização da arquitetura e das técnicas construtivas. Por fim, se reflete sobre o panorama de aplicação do concreto armado no período pós-1940 no Brasil, chegando-se à década de 1960, reconhecido como momento de vulgarização de um conhecimento, antes, tido, como científico.

Arquitetura, Construção e Tectônica da Arquitetura

A trajetória da palavra arquitetura e as distintas leituras que se realizam ao longo da história mudam conforme o período, os contextos culturais e sociais. Contudo, interessa a esse trabalho focar a teoria da arquitetura, esquadrinhando as transformações, nessa primeira parte, do termo arquitetônica (= *arte+tectônica*), e os limites, intersecções e os contatos entre a arquitetura e a construção, assim como a sua cisão. Ressalta-se assim que esta ideia da arquitetura é

essencialmente entendida a partir do conhecimento técnico da construção, não é um consenso no campo da teoria e história da arquitetura.

Arquitetônica, substantivo moderno, significa, no seu sentido clássico, a parte de construir, na medida em que supõe a capacidade de subordinar os meios aos fins e o fim aos mais importantes. Para Aristóteles, existia uma inteligência arquitetônica e prática, que era enfim construtiva e operativa. Ou seja, a disciplina arquitetônica representa a ação de coordenar, a partir do conhecimento total, entendida por Kant, como essa *“unidade de conhecimentos múltiplos reunidos sob uma única ideia”*, uma obra construída. Seccionando tal palavra em duas: *arte* e *tectônica*, filosoficamente, a primeira denota em si todo conjunto de regras capazes de dirigir uma atividade qualquer. Calcado no seu significado filosófico, definido por Platão, em que a constituição da arte se confundia com a da ciência, não ocorrendo a separação entre ambas, arte é raciocínio, é poesia, é política e é a guerra.

Hoje, séculos depois de Platão e já feita essa cisão, a denominação dada à palavra ganhou um

sentido mais duro e rígido e próximo ao que conhecemos como técnica construtiva, processo construtivo e materiais de construção. Desse modo, não se pode desvincular o significado da palavra tectônica de seu sentido tecnológico e material, condição que lhe dota, como se vê, de ambivalência. Nem por isso, seu significado perde valor (ABAGNANO, 1998: 80).

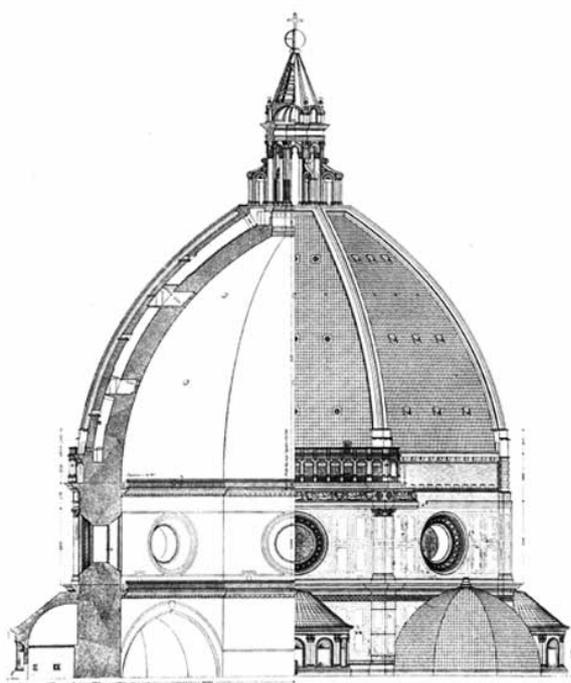


Figura 1: corte/fachada da cúpula da Catedral Santa Maria del Fiori

Construir é uma das atividades humanas mais antigas do mundo e ganha sua atual denominação – Arquitetura ou arte de projetar - no Renascimento, quando Brunelleschi, segundo Argan, constrói a cúpula da Igreja Santa Maria Del Fiori (Figura 1). Esta aparece, como descreve Alberti, *“quase que por um milagre, mas por um milagre da inteligência humana”*, no horizonte da cidade italiana de Florência, no

século XV. Mais do que uma cobertura, um fechamento, a cúpula é uma estrutura espacial, um símbolo da perícia humana, a *“representação infinita do espaço físico”*. Brunelleschi, segundo Manetti, é o inventor da cultura técnica na qual o procedimento construtivo tem um papel de destaque, i. é, a arquitetura como saber construtivo, de uma vontade estética advinda da técnica. Não é por vaidade, mas por sustentar uma ideia de leveza, poder e *“inchado”*, participio dado pelo arquiteto ao imaginar a cúpula erguendo-se sem o suporte das armações:

“À parte os cálculos estáticos, Brunelleschi não parece ter-se preocupado em demasia com terminar de maneira harmoniosa, com uma cobertura adequada, a construção existente. Preferiu sobrepor a ela a sua grande máquina espacial, que visualizava ao mesmo tempo uma nova concepção do espaço e uma nova tecnologia, como se fosse uma demonstração gigante de uma nova realidade política, cultural, social. E mesmo essa ideia da arquitetura como mostra de tecnologia avançada era típica do gótico, especialmente estrangeiro” (ARGAN, 1998, 99).

Sua radicalidade possui uma singularidade mais do que tecnológica e formal, de esfera internacional, ela era histórica e ideológica. Próprio do contexto do Renascimento florentino, no qual os artistas procuram dar expressão à nova condição política – burguesa e progressista – e técnico-cultural. A cúpula é a ligação entre o elemento clássico e antigo – Roma – e uma estrutura moderna, que dota de novo significado os termos “classicismo” e “monumento”. Qualificações que perpassam a história e condicionam os pensamentos vigentes a partir do século XVIII, com o Iluminismo francês, que são retomados pelos arquitetos neoclássicos franceses, no que tange ao seu sentido estético, e pelos racionalistas, à questão técnica, no século seguinte.

Para se alcançar tal associação dialética, foi necessária a retomada de uma sensibilidade estética da arquitetura atrelada ao conhecimento técnico e ao cálculo, e não mais a ideia de solidez arquitetônica. A prática da arquitetura começa a mudar com as iniciativas no campo científico e literário de meados do século XVIII na Europa, que impactam no campo das artes práticas e da arquitetura, num primeiro momento em que a técnica ganha autonomia em relação a arquitetura, determinante para o desenvolvimento das ciências das construções e para a separação da profissão do arquiteto e da do engenheiro (AMARAL, 2009: 2009).

O nascimento das novas técnicas construtivas e da arquitetura moderna é consequência da ruptura com o campo do prático vigente fica claro em dois momentos distintos, século XV e XVIII, sendo ambos processos bastantes conflituosos. O discurso de defesa do saber teórico, de domínio do técnico sobre o prático, enunciado de modo ambíguo, pois pressupõe a diferenciação de valores entendidos como universais: a liberdade, a fraternidade e a igualdade. Contudo, nesse momento inicial de aplicação ainda é frágil sua concepção:

“Uma questão real e plena de dificuldades é traduzida em termos ideais e resolvida por essa maneira, abstraindo exatamente as dificuldades mais importantes; uma situação eminentemente dinâmica é discutida em termos estáticos e os raciocínios são colocados em forma absoluta, como se as teses sustentadas tivessem o valor de serem eternas e naturais. As dificuldades concretas, por outro lado, estão presentes e visíveis aos olhos de todos, e, portanto a abstração que é feita é, em certa medida, proposital, por uma convenção aceita por todas as partes” (BENEVOLO, 2009, 21).

As contradições discursivas são evidentes, e não é diferente numa sociedade que transforma seus valores secularizados rapidamente, logo, sem tempo de adaptação. Tal contradição acaba

por engendrar classes sociais distintas que eclodem, sobretudo a partir de meados do século XIX, dentro das quais lutam contra a figura do indivíduo. Do mesmo modo, no campo da arquitetura e da construção, o desequilíbrio entre teoria e prática possibilita sua modernização.

Concomitantemente ocorre a sistematização da práxis das guildas na Enciclopédia de Diderot, que permite a difusão universal de um saber restrito e o delineamento do *“processo de iluminação dos hábitos e costumes da sociedade pela razão”* (SENNETT, 2009, 104). Esta ação tem como intenção atingir ao leitor comum, sem pretender ser um manual técnico e, a inverter os valores tradicionais do antigo regime, valorizando o trabalho manual ao procurar uni-lo ao mental. Logo, prática e teoria foram combinadas formando uma ciência prática, orientada para a formação, a organização e o gerenciamento dos diferentes ramos das atividades. Neste incluem-se desde a cidade, entendida como um ente ou um negócio urbano, que necessita de novos sistemas de circulação (ruas, avenidas, pontes etc.) e edifícios culturais, educacionais, hospitais; além de infraestrutura para o comércio internacional – importação e exportação – de produtos industrializados e matérias primas em estado bruto (complexos portuários, estradas de ferro, estações de ferro, armazéns, silos, usinas de geração de energia, fábricas grandes até pequenas etc.). *Seria essa a base da engenharia, e por decorrência, da construção moderna?* Tal condicionante ajuda-nos a entender o momento de industrialização dos dois componentes básicos do concreto armado: do ferro fonte ao industrializado, até ao aço; e, da argamassa de cal ao cimento Portland e, por fim, ao concreto de alto desempenho.

Assim, a modernidade, a qual se entende como experiências próprias no ambiente moderno, alberga uma série de tensões que se manifestam em forma de ambivalências e contradições. Uma dessas incongruências reside na cisão entre a arte e a técnica no âmbito da arquitetura e das demais manifestações artísticas. Ruptura que tanto ocorre no cerne da formação dos futuros profissionais da construção, como na sua prática. A sociedade urbana do século XIX presenciou novo fenômeno: a organização e a estruturação das cidades dotando-as de equipamentos e novos aparatos que mudam a forma de percepção ambiental. Os engenheiros e construtores ganham novo papel nesse cenário, especialmente diante da dificuldade dos arquitetos pragmaticamente em adaptar-se aos novos sistemas construtivos e ao desenvolvimento industrial.

No entanto, no final do XIX se consolida uma ideia concreta de tectônica¹, que surge da vontade de superar a prática arquitetônica dos estilos, propondo uma nova no lugar, ou no caso de Semper, uma nova teoria da arquitetura (AMARAL, 2009: p.158): uma que fosse calcada nas práticas aplicadas. Essa concepção semperiana conciliava a noção de arquitetura com os ofícios e as artes aplicadas, todas sujeitas a leis estéticas comuns, mas, sobretudo, formando um padrão de sociedade. Outro momento de retomada do termo tectônica foi em 1983, pelo arquiteto Kenneth Frampton que reage ao pós-modernismo na arquitetura em voga desde meados da década de 1960, e faz uma *“chamada à ordem”*² por uma ação de construir como *“ato tectônico, e não uma atividade cenográfica”*. Segundo Frampton, a formulação do conceito de tectônica

permitia distinguir a teoria da arquitetura da prática corrente, que era tratada como signo e, portanto, cenografia e representacional; para ser compreendida no seu sentido mais ontológico: “a forma construída é antes uma presença do que a representação da ausência”.

A arquitetura, logo, passa a ser tratada enquanto coisa, e não, representação. Semper e Frampton reagem contra os “projetos escultóricos”, as “dimensões arbitrárias” e os “tropos vanguardistas (os movimentos ‘ismos’)” de meados do século XIX e fim XX, respectivamente e esquadrinham tectônicas da arquitetura claramente distintas, no entanto, ligadas entre si pelo mesmo arcabouço teórico. Ambos propõem o estudo da história da arquitetura do ponto de vista da técnica, em que se possam revelar novos aspectos formais e padrões de análises, partindo do pressuposto das articulações tectônicas.

Essas são de duas ordens, seguindo a divisão da parte construída da arquitetura calcada na observação, realizada por Semper, de dois procedimentos materiais: 1) a tectônica da estrutura: os elementos de comprimento variados são combinados para delimitar um espaço (no caso foi pensado como exemplar a madeira, mas pode ser a estrutura metálica, de madeira ou de concreto armado); e 2) a estereotômica: constituída pelo empilhamento da massa comprimida (por exemplo, o tijolo, a rocha, a pedra, terra, o concreto etc.). As consequências ontológicas dessas duas condições são projetuais: 1) é a armação, que tende a desmaterialização da massa e a atingir ao céu; 2) é a massa, o telúrico, a fundação da edificação, que tende a ser escavada cada vez mais fundo no chão. O ponto focal trata-se da junção ou do nó, sendo este o elemento tectônico primordial a partir do qual o edifício começa a existir.

Essa ideia do nó ou junção tem forte presença na história suscitado por diversos arquitetos, que trabalham com a arquitetura da construção, como o fazia Auguste Perret. Isso ocorria em um momento em que os engenheiros eram conhecidos pelas inovações estruturais, que muitas vezes eram confundidas como obras de arquitetura. O arquiteto Perret definia arquitetura, como a “arte de fazer cantar os pontos de apoio”. Mais tarde, na década de 1960, numa operação conceitual semelhante, o arquiteto italiano Vittorio Gregotti dizia que a “arquitetura está nos detalhes”, que revelam as propriedades dos materiais pela aplicação das leis da construção e torna inteligíveis as decisões do projeto. Coloca-se, logo, em questão, o problema da hierarquia ao sugerir uma possível relação entre a parte e o todo através do detalhe: do nó. Esse valor expressivo da junção e sua composição técnica são retomados diante da crise da linguagem arquitetônica – subjulgada diante de uma cultura do design e da tecnologia -, tendo em vista a reativação de uma ideia de relação e de modificação do lugar físico e histórico, do contexto da especificidade e da diferença (GREGOTTI, 2006: p.537). A reação é a equiparação da construção enquanto integridade da arquitetura.

Da rigidez do pensamento científico à concepção estrutural: a expressão tectônica do concreto armado sob a ótica dos engenheiros

Por mais bruta que possa parecer, a estrutura de concreto armado decorre não somente do resultado da ciência física e, sobretudo, química, mas também de pesquisas gráficas, calcadas no desenho da geometria espacial e no pensamento tridimensional da estrutura, intuindo os caminhos dos esforços. Isto requiere o entendimento geral das partes de uma edificação como elementos passíveis de diferentes desenhos, portanto, da criatividade e da imaginação do profissional responsável pela concepção estrutural.

A estrutura de concreto armado pode variar a forma de suas partes – pilar, viga e laje - e do tipo de conexão que ocorre nos pontos de engaste ou de apoio: rígida ou flexível, permitindo formular novos tipos estruturais decorrentes da unificação dos elementos estruturais numa só parte. Podem ser estruturas monolíticas como pórticos, em que os pontos de apoio são permanentemente consolidados, compondo uma única peça, ou podem ser sistemas independentes de pilar e viga, seja vigas em balanços, pela articulação do apoio, ou mesmo sistemas unificados de pilar e laje, denominados de laje cogumelo. Nada disso seria possível sem os experimentos feitos com maquetes e modelos construídos em escala de 1:1 nos canteiros de obra experimentais (Figuras 2 e 3), que reproduzem e permitem testar os limites da proposição formal.

A estrutura de concreto armado não pode ser pensada mais como uma alvenaria e uma estrutura metálica. Seria necessário um novo raciocínio técnico, estático e estético, observando as vantagens do sistema estrutural: resistência à compressão e à tensão, possibilidade de diferentes tipos de articulação das juntas, adaptabilidade das variadas formas e facilidade em se moldar as peças conforme diferentes aspectos estéticos e formas (SANT'ANNA, 1941: p. 934-935). Este

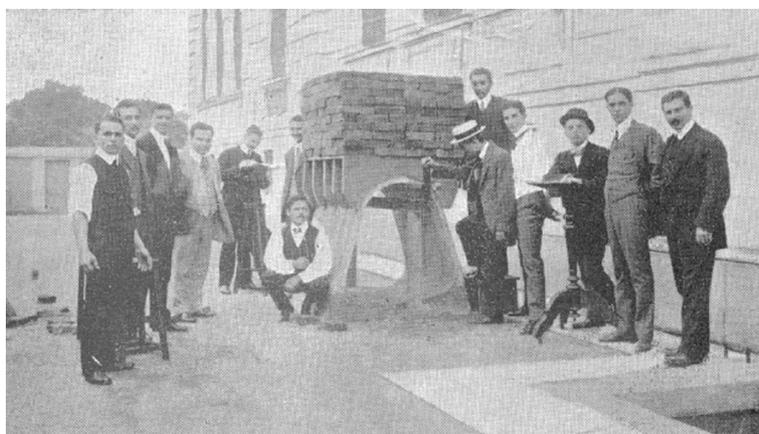
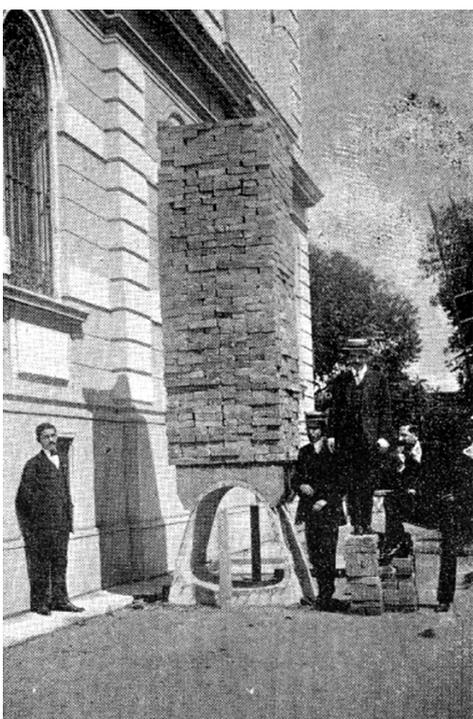


Figura 2 e 3: Ensaio realizado no Gabinete de Resistência de Materiais da Escola Politécnica de São Paulo para testar as galerias desenhadas para a cidade de Jaú, no ano de 1904 (Revista Polytechnica).

pensamento projetual recebe o nome de concepção estrutural.

De fato, esta concepção estrutural nada tem de novidade, uma vez que é delineado pelo ideário de distinção entre o arquiteto e o engenheiro (aquele que imagina ou projeta) do construtor concebido por Brunelleschi durante o Renascimento. Porém, ele não havia sido formulado nas condições modernas da engenharia que unificaram o conhecimento científico e o artístico, dando origem a concepção estrutural. No decorrer do século XIX, assim, o engenheiro toma o lugar do arquiteto como agente da modernização da construção a partir do desenvolvimento das técnicas construtivas modernas e da criação de um novo pensamento:

“... ao projetar vãos de comprimentos e espessuras pouco comuns, não era suficiente apenas estimar as dimensões a olho, mas era preciso realizar cálculos baseados nos princípios de mecânica e de resistência dos materiais” (COLLINS, 1965: p.186).

As formas estruturais já conhecidas, como os arcos, as paredes portantes e as abóbodas, são apropriadas pelos engenheiros projetistas, buscando o seu aprimoramento e adequação às novas demandas, com reflexos no desenvolvimento urbano e na sociedade. Como pontua Peters, em *Building the nineteenth century* (1996), o projeto do objeto edificado deixa de ser um estudo centrado apenas nas suas próprias disciplinas para se converter num aparato mecânico que depende do seu local de inserção na cidade. O edifício moderno não é apenas um mero abrigo das intempéries, um alojamento ou uma moradia, mas deve ser dotado de novos equipamentos como elevadores, ar condicionado, aquecedores, sanitários, cozinha etc. atendendo a renovados usos. Novas condicionantes que implicam na transformação do projeto considerando novas demandas por espaços mais amplos com pés-direitos maiores e de grande extensão.

Para o engenheiro arquiteto Robert Maillart³ a concepção estrutural relativiza a ação das disciplinas científicas, quando contesta por meio de artigos publicados em periódicos especializados, que as fórmulas gerais e as normas cerceavam a criação formal da obra. O engenheiro arquiteto defende a experiência construtiva no canteiro de obra como método primordial para o projeto estrutural, sendo a escolha primária pela forma feita intuitivamente e independente dos regulamentos que limita a capacidade inventiva com a imposição de teorias, cálculos e formas. A formulação racional, contudo que é derivada desse paradigma, pressupunha uma complexidade maior do que aparentava, já que Maillart trata cada caso como um objeto único, contrastando com a descoberta de um novo tipo formal (GIEDION, 2004: p.495; BILLINGTON, 1979: p.103).

Maillart se distancia da tradição das construtoras especializadas no sistema construtivo do concreto armado, calcado em patentes e regulamentos - representada pelo sistema pilar-viga - como fundamento estático, para pensar um novo conceito estrutural em que a laje não é sustentada por tal sistema, mas passa a ter um papel ativo na estrutura ao responder ativamente aos esforços de resistência. Considera cada encomenda como uma obra de arte, seja ela uma ponte ou um edifício para uma indústria. Este raciocínio o leva a tecer duas relações com a

natureza: uma de simbiose e outra de integração. A de simbiose ocorreu na ponte Salginatobel (1930), que se funde com a paisagem natural a partir do seu desenho, unindo paisagem e o objeto construído (BILLINGTON, 1979: p.82-83). A de integração ocorre a partir do recurso gráfico, o desenho. Maillart consegue integrar dois elementos estruturais do concreto armado ao juntar pilar e laje, eliminando as vigas, num jogo de mimese com uma forma natural, denominando a solução de laje-cogumelo.

A laje-cogumelo tem, também, aplicação nos Estados Unidos, sobretudo nas proximidades da Primeira Grande Guerra. Segundo o engenheiro Wolfner, que em 1926, publica um artigo na revista O Brazil Technico: “Tetos sem vigas”, o sistema norte-americano é desenvolvido por construtores práticos e não por engenheiros, sendo denominado “flatslab”. Com o fim do conflito europeu, o sistema começa a ser aplicado primeiramente na Suécia e a se vulgarizar em obras de fábricas, armazéns etc. (WOLFNER, nov. 1926). Desse modo, Maillart elimina tudo de supérfluo na estrutura, mantendo apenas as resistentes aos esforços e tornando todo elemento portante, como faz no depósito construído em Zurique (1910):

“Em todas as suas construções, pontes ou edifícios a estrutura é sempre uma unidade autônoma. Ele sente as forças que atuam sobre a estrutura com sensibilidade particular, e ao plasmar sua intuição, o faz em igual forma que o artista quando expressa na tela suas emoções, transmitindo a vida a cada elemento que usa para a realização de suas criações” (SANTOS, 1959: p.37).

Essa unidade da natureza, da arte e das ciências foi a base do pensamento estrutural de Maillart, como o de belo na arquitetura atrelado ao da pedra, do peso e do tectônico. As inovações espaciais de Maillart possibilitam introduzir os conceitos de espaço indivisível, novas relações espaciais e as interpenetrações, que substituem as separações. O concreto armado permite a abertura e o movimento que inscreve a arquitetura “no processo geral da vida”, possível somente quando houve a interlocução entre o trabalho do arquiteto e o do engenheiro (GIEDION, 1928).

Sobre esse ponto se fundamenta a diferença substancial entre ciência - sistematização de um conhecimento hierárquico e de alcance geral -, e a engenharia - elaboração de estruturas, cuja teoria se baseia na descrição categórica da forma por meio de uma teoria simples e própria. A concepção estrutural é produto da imaginação humana e não das forças mecânicas. Versa-se, de fato, sobre a criação de novos recursos formais segundo as propriedades físicas e geométricas da tecnologia construtiva.

Noções como forma e espaço, calcadas em princípios preconcebidos e sistemas proporcionais, ganham autonomia com o desenvolvimento, respectivamente, da expressão plástica de um “momento espacial” e uma dimensionalidade absoluta:

“É perfeitamente compreensível que, identificando-se na técnica construtiva o momento científico e o momento artístico, essa técnica tende a conservar e repetir algumas atitudes

que são próprias da ciência e de seu método experimental: primeiro entre todas, a aspiração a superar continuamente os próprios resultados” (ARGAN, 2001: p.222).

Argan pontua essas transformações no ideário dos engenheiros e arquitetos e, distingue duas motivações: a romântica, baseada no entusiasmo pela velocidade e pela dinâmica, dos arquitetos-construtores e engenheiros do século 19 e sua superação, pelos engenheiros-artistas como Robert Maillart e Pier Luigi Nervi cuja obra foi denominada por aquele como uma ‘arquitetura técnica’.

Assim, a concepção estrutural de uma edificação deve prescindir dos paradigmas estéticos correntes e aceitar o resultado final como obra de arte. As construções realizadas pelos engenheiros denominam-se, friamente, como infraestruturas, sendo conhecidas, hoje como construções pesadas cujos aspectos funcionais são mais evidente do que todo conjunto de simbologias religiosas ou mesmo de poder. Com o tempo, estas se qualificam como “obras de arte”: pontes, sistemas de tubulações de coleta de esgoto e abastecimento de água, canais de saneamento e de drenagem, caixas d’água, chaminés, usinas produtoras de energia elétrica (termo- ou hidroelétricas) e edifícios para fábricas, armazéns e indústrias. Também são consideradas como “obra de arte”, as habitações para os trabalhadores urbanos e as cidades fabris. Entretanto, essa é uma analogia posta para se entender a rede de conceitos vigorantes entre meados do século XIX e a década de 1920, sendo que muitas vezes o adjetivo ‘moderno’ não tem a mesma definição:

“... vemos que a arquitetura que entendemos por moderna nem sempre era considerada obra de arte porque destituída de uma intenção plástica filiada à estética oficial e porque executada por engenheiros civis e até por leigos esclarecidos que intuitivamente percebiam todas as possibilidades oferecidas pela nova tecnologia, especialmente no que dizia respeito às estruturas metálicas e ao recém descoberto concreto armado” (LEMOS, 1983: p.825).

Segundo Mörsch (1902), existem dois modos de se aplicar a tecnologia construtiva: em primeiro lugar, o processo de construção mais corrente e comum nas duas primeiras décadas do século XX emprega o concreto armado nas fundações, escadas e lajes. Em segundo lugar, a estrutura da edificação é metálica (geralmente importada dos Estados Unidos e da Alemanha) e as vedações compostas por um sistema misto de alvenaria de cimento e de pedra moldados segundo a ordem do estilo e do decoro escolhido pelo arquiteto. Neste caso, os elementos decorativos chegam a ser pré-moldados em cimento e vendidos por meio de catálogos, que listavam todos os tipos de peças, ornados pelos mais diferentes estilos, comprados e aplicados no local desejado pelo arquiteto: capitéis, arquitraves, cornijas, bases de colunas, frisas etc., além de conjuntos completos para ornar o teto. Em cada elemento da obra se usa um sistema construtivo diferente determinado geralmente pelo construtor e norteado por questões econômicas, tempo e mão-de-obra.

A aplicação monolítica ou homogênea é outro modo de se empregar o concreto armado, sendo toda a edificação executada no local sendo a sua estrutura um monólito absolutamente rígido pelo reforço dos pontos de apoio. Mörsch já coloca a premissa da “*ossatura independente*” do revestimento, em 1912, que permitia uma espessura de parede mais delgada (MÖRSCH, 1912: p.220). Esse paradigma mais tarde é apropriado pelo arquiteto franco-suíço alcunhado de Le Corbusier, que o aplica no seu protótipo de unidade habitacional: a casa dom-ino.

Os eventos sucessivos e concomitantes, como as exposições universais, a evidência dos avanços tecnológicos e os pensamentos mudam conforme a experiência da modernidade, que também se transforma, compondo um roteiro complexo.

Pós-1940: da teoria a prática. A vulgarização do concreto armado na construção civil brasileira

“No Brasil tem ele qualidade que o torna precioso: permite construir, com materiais e projetos nacionais, obras que, outrora, só poderiam ser feitas em estruturas de aço importado” (TELLES, 1944: p.264).

O historiador e engenheiro mecânico Sigfried Giedion se forma na mesma Escola Técnica que Maillart, num período marcado pelas intensas transformações e formação de um campo especializado na tecnologia construtiva do concreto armado. O processo de constituição desta cultura técnica é longo e complexo – sendo necessário mais de um século de formulação, experimentos e, por fim, a teorização do concreto armado que permite a sua rápida difusão. Não apenas de ciência e teoria se concebeu o conhecimento da construção civil, dotada também de aspectos artísticos, do imaginário e de um sentido abarcado pelas emoções.

A condição de centralidade da tecnologia construtiva na sociedade contemporânea, sobretudo na brasileira, em momentos de aquecimento econômico, pode ser percebida pelo desenvolvimento do campo da construção civil, dos empreendimentos imobiliários e das obras de infraestruturas urbanas e regionais. Pode-se dizer que isso também acontece nas primeiras décadas do século XX. Fato que repercute também no estado da mão-de-obra, desde a mais simples, como a de auxiliar de pedreiro, a mais especializada, o engenheiro. Um fenômeno recente, decorrente disso, é a divisão de especializações antes gerais, como as de arquiteto e de engenheiro civil, em conhecimentos específicos de pequena escala.

Quando se aborda o processo histórico de desenvolvimento do aço e do cimento, resultantes da transformação, por meio de procedimentos químicos e industriais, de matérias-primas rudimentares como ferro, cal e agregados, se procura desvendar os seus diversos aspectos. Isso inclui a sua caracterização química, física e mecânica, sua fabricação e equipamentos, bem como toda a tecnologia construtiva envolvida. O entendimento das potencialidades de cada técnica construtiva e da junção de ambas criando um novo sistema construtivo é fruto de diferentes proposições, sendo normalizado pelas regulamentações que definem regras claras de produção,

dosagem e construção. Isso representa uma maior segurança e controle nas obras de concreto armado, permitindo a sua difusão, bem como a transformação na tecnologia construtiva do século XX. Por outro lado, é o cerceamento da criatividade formal focada na construção e na solução espacial decorrente das pesquisas que não possuíam nenhuma amarra, nem limite.

Com a construção dos edifícios da nova capital – Brasília, inaugurada em 21 de abril de 1960 -, onde estas condições ainda se impunham, houve a transformação paulatina da construção em concreto armado de uma prática intelectualizada para uma prática corrente devido a sua divulgação em termos simplificados. Os galpões de indústria, cuja construção possuía uma solução formal resultante da técnica construtiva e de busca em surpreender o usuário visualmente, se perdeu na rotina. Uma marquise não mais causava espanto pois era reproduzida em toda nova construção em cidades como Rio de Janeiro, São Paulo, Porto Alegre etc. Os edifícios em altura já não configuravam mais o seu entorno urbano, por meio de varandas em balanço desenhadas gentilmente em curvas.

A construção civil tem um papel de destaque para a economia de uma nação. O setor emprega mão-de-obra qualificada e não, direta ou indiretamente ao gerar demanda para o setor secundário de produção de aço e de cimento, além de alguns mais rudimentares como pedreiras (donde se extraem as britas) e extrações de areia. Os negócios imobiliários representam, numa relação direta, o aumento do poder aquisitivo da população. No Brasil se fez uma opção pela cultura técnica do concreto armado. *Mas será que ela ressoa na solução formal e estética final dos edifícios atuais?*

A ligação entre uma cultura técnica, provinda da tecnologia construtiva, e o imaginário da sociedade conecta-se aos conceitos estéticos de cada época, que se transformam na contínua troca de ideias que se intensifica nos dias de hoje emprego de tecnologias digitais e de experiências entre os profissionais do espaço: arquitetos, engenheiros e construtores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAGNANO, Nicola. **Dicionário de Filosofia**. Trad. Alfredo Bosi. 2a. Edição. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

AMARAL, Izabel. *Quase tudo que você queria saber sobre tectônica, mas tinha vergonha de perguntar*. **Revista Pós 26**. São Paulo: vol. 16, dez. 2007, p. 148-167.

ARGAN, Giulio Carlo. **História da Arte como História da Cidade**. Trad. Cabra, P. L. 4ª. Ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

BENEVOLO, Leonardo. **História da Arquitetura Moderna**. Trad. Goldberger, A. M. 4ª. Ed. São Paulo: Perspectiva, 2009.

BILLINGTON, David P. **Robert Maillart's Bridges: the art of engineering**. Princeton: Princeton University Press, 1979.

BRUAND, Yves. **Arquitetura Contemporânea no Brasil**. Trad.: Goldberger, A. M. 2ª. ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 1991.

COLLINS, Peter. **Concrete: The Vision of a New Architecture: a study of Auguste Perret and his precursors**. London: Faber & Faber, 1959.

- COLQUHOUN, Alan. **Modernidade e tradição clássica: ensaio sobre arquitetura 1900-1987**. Trad. Brito, C. São Paulo: Cosac Naify, 2004.
- DELHUMEAU, Gwanaël. **L’Invention du Béton Armé. Hennebique : 1890-1914**. Paris: Norma Éditions, 1999.
- DEVOTO, Fernando J. & BORIS, Fausto. **Brasil e Argentina: um ensaio de história comparada (1850-2002)**. São Paulo: Editora 34, 2004.
- Dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa 1.0**. Rio de Janeiro: editora Objetiva / Houaiss, 2009.
- FRAMPTON, Kenneth. “Rappel à l’ordre: argumentos em favor de tectônica”. *Architectural Design* 60. New York: n. 3-4, 1990, p. 19-25 apud: NESBITT, Kate. **Uma nova agenda para a arquitetura: antologia teórica (1965-1995)**. Trad. Pereira, V. São Paulo: Cosac Naify, 2006, p.557-569.
- FRAMPTON, Kenneth. **Studies in Tectonic Culture. The Poetics of construction in nineteenth and twentieth century**. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1995.
- FREITAS, Maria Luiza de. **Modernidade Concreta: as grandes construtoras e o concreto armado no Brasil, 1920-1940**. Tese de Doutorado. São Paulo: FAUUSP/FAPESP, 2011.
- GAMA, Ruy. **A Tecnologia e o Trabalho na História**. São Paulo: Nobel / EDUSP, 1986.
- GIEDION, Sigfried. **Construire em France: en fer, en béton** (Bauen in Frankreich: Eisen, Eisenbeton, 1928) Trad. Ballangé, G. Paris: Éditions de la Villette, 2000.
- GIEDION, Sigfried. **Espaço, Tempo e Arquitetura: o desenvolvimento de uma nova tradição** (Space, time and Architecture – Growth of a New Tradition, 1941). Trad. Lamparelli, A. São Paulo: Editora Martins Fontes, 2004.
- GITAHY, Maria Lúcia Caira. **São Paulo e a tecnologia, 1899-1948. Estudos de história do trabalho como fundamentos sociais da arquitetura e do urbanismo**. (Tese de Livre-docência). São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2002.
- JAMOT, Paul. **A. G. Perret et l’architecture du Béton Armé**. Paris; Bruxelas: Librairie Nationale d’Art et d’Histoire, 1927.
- LEGAULT, Rejean. « L’art de l’ingénieur: constructeur, entrepreneur, inventeur ». Centre George Pompidou, Paris. 25 jun. – 29 set. 1997. **Journal of the Society of Architectural Historians**. In: Exhibitions. 57, mar. 1998, p.75-79.
- P. J. Uma Estação Modelo. **Revista Polytechnica**. São Paulo: vol. 4, n. 22, jun. – ago. 1908, p.187-192.
- PATETTA, Luciano (org). **Historia de la arquitectura: antologia critica**. Trad. Avia, J. G. Madrid: Celeste Ediciones, 1997.
- PERRET, August. Qué és arquitectura? 1ª. Conferencia de August Perret. **Revista de Arquitectura**. Buenos Aires: 1936, p. 425-429
- PETERS, Tom F. **Building the nineteenth century**. Cambridge, Mass; Londres: The MIT Press, 1996.
- PICON, Antoine (org). **L’Art de l’Ingénieur: constructeur, entrepreneur, inventeur**. Paris: Centre Georges Pompidou; Le Moniteur, 1997.
- PICON, Antoine. Histoire de l’architecture, histoire des sciences et des techniques. **Les Cahiers de la recherche architectural**. Paris: Cité du Patrimoine Architecturale de France, n. 23, p.12-17.
- PICON, Antoine. **L’invention de l’ingénieur moderne. L’École des Ponts et Chaussées, 1747-1851**. Paris: Presses de l’école nationale des ponts et chaussées, 1992.
- SANTOS, Roberto Eustáquio dos. “A cultura do concreto armado no Brasil: educação e deseducação dos produtores do espaço construído”. **Anais do IV Congresso Brasileiro de História da Educação**. Goiânia: Universidade Católica de Goiás, 2006. Sítio eletrônico: www.arquitetura.ufmg.br/mom/05_biblioteca/acervo/santos_cultura (20 outubro,2008).
- SENNET, Richard. **O Artífice**. Trad. Marques, C. Rio de Janeiro: Editora Record, 2009.
- VIERENDEEL, Arthur. **La Construction Architecturale em fonte, fer et acier**. Paris: Dunod, 1901.
- WOLFNER, F. L. Tetos sem vigas. **O Brazil Technico**. Rio de Janeiro: vol. 3, n. 22, Nov. 1926, p. 479-489.

¹ O substantivo, tectônica designa, de modo simplificado, a arte de construir edifícios, aquilo que é “*pertinente à edificação ou à construção em geral, construtiva, construtora, usada especialmente para referir-se à arquitetura e às artes da mesma família*” (NESBITT, 2006: p.206). Porém, esse não é o seu significado mais conhecido, que se trata daquele ligado ao movimento das placas geológicas da Terra (AMARAL, 2009: p. 151). Qualquer um, hoje dotado de conhecimentos dos recursos de informática que lhe possibilitem navegar na internet pode buscar na rede, em que apareceram centenas de respostas nesse sentido e poucas, ligando a palavra tectônica a arquitetura ou a construção.

² “Rappel à l’ordre”

³ Formou-se em 1894 na ETH em Zurique (Suíça).