



## CONCRETO ARMADO NO BRASIL: INVENÇÃO, HISTÓRIA, REVISÕES

### História e Historiografia da Arquitetura e do Urbanismo Modernos no Brasil

Maria Luiza Macedo Xavier de Freitas

MDU-DAU-UFPE

arquitetamalufreitas@gmail.com

#### Resumo:

O concreto armado é sem dúvida o sistema construtivo do século XX. A sua trajetória, principalmente de adesão entre duas técnicas construtivas, o aço laminado em forma de vergalhão, e o concreto, cujo traço comum é formado por cimento, areia (ou agregado miúdo), brita (ou agregado graúdo) e água, não começa neste século, mas nos dois anteriores. O concreto é o dito 'material de construção' mais empregado no Brasil, desde construções de residências de modo informal a edifícios de múltiplos andares. Interessa aqui, não entender o porquê de o concreto armado ganhar esse status e tampouco abordar o comportamento físico e mecânico dele, no entanto compreender como uma invenção, a da escola do concreto armado no Brasil por Lúcio Costa (1936 e 1951), primeiro, depois por Paulo Santos (1956), tornou-se uma história, escrita por Augusto Carlos de Vasconcelos (1986). Escrita em três volumes, Vasconcelos trata no primeiro dos recordes, das realizações e da história propriamente dita; no segundo, dos professores, cientistas e técnicos e, por fim, da pré-fabricação, dos monumentos e das fundações, no terceiro e último volume. Parece que o autor não deixou de abordar nenhum tópico relacionado à Escola do Concreto Armado no Brasil. Apesar disso, lacunas permaneceram em aberto e questões se tornaram necessárias de serem respondidas. Quatro teses de doutorado, realizadas em três Programas de Pós-Graduação – uma na UFMG, outra na USP e duas na UnB – buscam a partir de hipóteses próprias cobrir algumas dessas lacunas. Cada uma aborda uma fonte própria, criando assim, um panorama bem mais amplo e complexo da introdução do concreto armado pela atuação de duas empresas construtoras, da sua difusão e vulgarização de um conhecimento técnico, da trajetória dos palácios construídos para a nova capital do Brasil, Brasília e de um dos principais personagens, o engenheiro Emílio Baumgart. Pretende-se a partir desse esforço, demonstrar que a história do concreto armado no Brasil ainda está sendo escrita. Essas quatro revisões somente perpassam por alguns aspectos por este que é o principal material de construção empregado no país. Desse modo, o objetivo final desse trabalho é demonstrar como uma invenção, virou uma história que passa por revisões até hoje, por meio de novas questões e de novas fontes.

**Palavras-chave:** história, escola, concreto armado, Brasil

#### Abstract:

Reinforced concrete is undoubtedly the constructive system of the twentieth century. Its trajectory, mainly of adhesion between two constructive techniques, the rolled steel in the form of rebar, and the concrete, whose common trait is formed by cement, sand (or small aggregate), gravel (or large aggregate) and water, does not begin in this century, but in the previous two. Concrete is the so-called 'building material' most commonly used in Brazil, from informal home construction to multi-storey buildings. It is interesting here, not to understand why reinforced concrete would gain this status and also to address its physical and mechanical behavior, yet to understand how an invention, that of the concrete school in Brazil by Lúcio Costa (1936 and 1951), first, then by Paulo Santos (1956), became a story, written by Augusto Carlos de Vasconcelos (1986). Written in three volumes, Vasconcelos treats in the first of the records, the achievements and the history proper; in the second, of the professors, scientists and technicians, and finally of the prefabrication, monuments and foundations, in the third and final volume. It seems that the author has not stopped addressing any topic related to the School of Armed Concrete in Brazil. Despite this, gaps remained open and questions became necessary to be answered. Four doctoral theses, carried out in three Postgraduate Programs - one at UFMG, another at

13º Seminário  
do\_co,mo,mo\_  
brasil

Salvador – BA  
7 a 10 de outubro de 2019



USP and two at UnB - seek from their own hypotheses to cover some of these shortcomings. Each one approaches its own source, thus creating a much broader and more complex panorama of the introduction of reinforced concrete by the performance of two construction companies, their diffusion and vulgarization of a technical knowledge, the trajectory of the palaces built for the new capital of Brazil, Brasília and one of the main characters, the engineer Emílio Baumgart. It is intended from this effort to demonstrate that the history of reinforced concrete in Brazil is still being written. These four revisions only go through some aspects because this is the main building material used in the country. Thus, the ultimate goal of this work is to demonstrate how an invention has become a history that has undergone revisions to date, through new questions and new sources.

**Keywords** history, school, reinforced concrete, Brazil



## Concreto Armado no Brasil: invenção, história, revisões

### 1. O concreto armado: origens, debates e problematização

O concreto armado foi sem dúvida o sistema construtivo do século XX. A sua trajetória, principalmente de adesão entre duas técnicas construtivas, o aço laminado em forma de vergalhão, e o concreto, cujo traço comum é formado por cimento, areia (ou agregado miúdo), brita (ou agregado graúdo) e água, não começa nesse século, mas nos dois anteriores.

O impacto da Revolução Industrial foi determinante para o aprimoramento da produção do ferro, primeiramente, e do aço, posteriormente:

Há um momento na História em que o ferro passa a ser empregado com tão diversificados fins, dentre eles a construção de edifícios, que é inevitável o registro desse material como um fator essencial para as transformações de toda ordem por que passou a sociedade. Este momento é o século XIX (GOMES, 1986, p. 13).

De fato, é esse o momento de desenvolvimento de uma técnica construtiva já conhecida. Ainda no século XVIII, se identifica a inserção de barras de ferro, cujo objetivo é o de impedir a tendência ao esforço de tração e assim ao momento fletor e às forças cortantes em algumas estruturas de cúpulas formadas pela associação de arcos, como a da Igreja de Santa Genoveva (Panthéon), em Paris. Contudo, estas barras eram de ferro forjado, que era formada por uma liga de ferro de baixa resistência e, sobretudo, ductibilidade, tornando o material de difícil uso tanto na escala comercial, quanto para atender a demanda da evolução das tecnologias das edificações sobretudo para os padrões de conhecimento correntes (ADDIS, 2009, p.250). Portanto, foi necessário transformações na forma de se construir, e principalmente, na de se projetar os edifícios. Fato consolidado pela invenção do cálculo estrutural no final do século XIX.

Foi com o aprimoramento de uma técnica de produção industrial<sup>1</sup> da liga de ferro, para depois a liga de aço, que se dá o seu uso em ampla escala comercial e o início de projetos estruturais mais ousados. Houve também uma grande campanha de expansão mundial do mercado consumidor de ferro, para além do Reino Unido e colônias, já que a Inglaterra foi durante o século XVIII e até meados do XIX, a principal produtora de ferro. O Brasil por exemplo, foi um dos parceiros comerciais mais importantes.

O caráter industrial da produção dos materiais de construção não se restringe ao ferro, estendendo-se ao vidro e cimento. Uma versão primitiva de argamassa – pasta composta por cimento e areia (agregado miúdo) - é conhecida, pelas suas propriedades aglutinantes, há mais de 2.000 anos na China – loess, no Egito – gesso, e no Império Romano – pozolana, resultado da mistura de areia e uma substância de ligação, como o cal e, mais tarde, o cimento (PETERS, 1996, 58). A maior diferença entre esse material com características aglomerantes e o cimento que podemos denominar de moderno, o Portland, é que a aplicação daqueles na obra é direta, enquanto este é feito por meio de um processo industrial, de junção química a partir do calor.

---

<sup>1</sup> O processo industrial podia ser Bassemer, Thomas ou Siemens-Martins, variando conforme o fabricante, resultado de longa série de experiências até alcançar regularidade e homogeneidade, verificadas em ensaios químicos e mecânicos. Por essa condição, diferenciou-se o aço industrializado daquele produzido numa fundição, em que não há controle da qualidade do material nem a uniformização do produto final (FREITAS, 2011, p.58).



A fabricação do cimento Portland não foi uma realização tão simples assim, pois depende muito da adaptação de um processo rudimentar, como o de Joseph Aspdin<sup>2</sup>, a um processo tecnológico, como o patenteado por Johnson, segundo métodos, ensaios, pesquisas de qualidade e procedimentos industriais importantes na modernização das usinas de cimento:

A principal diferença de fabricação entre a cal e o cimento Portland é que a primeira é um produto direto de certas rochas, calcinadas em fornos abertos, enquanto que o cimento Portland é um produto obtido pela calcinação em elevadas temperaturas de materiais calcários e argilosos tecnicamente dosados numa fabricação submetidos em todas as suas fases a rigorosos ensaios de laboratório (CIMENTO E CONCRETO, 1940, p.247 apud: FREITAS, 2011, p.63).

Como se percebe, nesse começo, o cimento foi reconhecido pelos arquitetos, engenheiros e construtores como um material não só de cor parecida com a de uma pedra, bem como propriedades físicas e mecânicas semelhantes. O cimento, assim como as rochas, tem alta resistente a compressão. A única diferença é a capacidade de ser moldada no canteiro de obra, enquanto a rocha precisa ser trabalhada por meio da estereotomia, isto é, a arte de cortar sólidos, o concreto precisa de um bom carpinteiro para fazer as fôrmas das estruturas que serão moldadas, juntamente com os vergalhões previamente “tecidos” em forma de armaduras pelos serralheiros.

Para se entender que a associação entre o ferro laminado em forma de barra e a massa de concreto foi possível pelas semelhanças entre as características físicas e químicas dos dois materiais (ou melhor, das duas técnicas) e que isso possibilita uma aderência bastante forte e capaz de formar estruturas. Estruturas essas entendidas não mais como um “empilhamento” e / ou a sobreposição de paredes maciças, que tornam a forma do edifício mais robusto pela sobrecarga dada pela própria estrutura da edificação, a qual nesse sistema se confundem com a vedação. Já o concreto armado, sistema construtivo que consegue ir além das possibilidades estruturais já introduzidas pelas estruturas metálicas, possibilitou aos arquitetos do começo do século XX criarem espacialidades novas. August Perret, Walter Gropius e Le Corbusier, exercitaram o projeto em formas nunca possíveis, e tudo isso devido a criação da estrutura independente.

O concreto armado é o dito ‘material de construção’ mais empregado no Brasil, desde construções de residências de modo informal a edifícios de múltiplos andares. Trata-se, de fato, de um sistema construtivo que foi aprimorado por “diversas mãos” e podemos dizer cabeças, ao longo de todo o século XIX, até se entender que não são dois materiais, aço e concreto, mas um terceiro material com propriedades diferentes daqueles que o originaram. Contudo, até se chegar nesse entendimento, o processo foi longo e com diversas contribuições, de construtores, práticos e técnicos (engenheiros e arquitetos): *“É difícil precisar quem, Lambot, Monier, ou François Coignet criou o concreto armado primeiro”* (TECHNIQUES ET ARCHITECTURE, 1949, 40 apud: FREITAS, 2011, p.76), até chegarmos no sistema Hennebique<sup>3</sup>, cuja invenção não foi do sistema construtivo do concreto armado,

---

<sup>2</sup> Atribuído por muitos autores como o inventor do cimento Portland, sobre o qual paira algumas dúvidas que precisam ser esclarecidas em uma pesquisa específica. A patente registrada em 21 de outubro de 1824 com o nome: An Improvement in the modes of producing an Artificial Stone, após 13 anos de estudos, é posta em questão. Pergunta-se se era mesmo o melhoramento do cimento natural por métodos artificiais ou se era uma alteração superficial, pois se sabe que o nome dado ao produto foi devido à sua semelhança de cor com a pedra existente na região de Portland. Para Collins, Aspdin criou um estuque para simular a pedra Portland (COLLINS, 1959, p.36 apud: FREITAS, 2011, p.62).

<sup>3</sup> Hennebique não é formado em engenharia, mas soube usar das premissas postas em sua época. Nascido em 1842 na Bélgica, onde era empreiteiro na capital, Bruxelas, transfere-se para a França em 1878, onde trabalha com obras de edificações em alvenaria de pedra. Após alcançar experiência, abre sua própria companhia



mas da estrutura independente. Para o diretor técnico da Wayss & Freytag e docente da Universidade de Stuttgart, Emil Mörsch: *“É ao senhor Hennebique todo o mérito de ter entendido consideravelmente o emprego de vigas e pilares em concreto armado em todos os domínios da construção”* (MÖRSCH, 1912, 217 apud: FREITAS, 2011, p. 89).

O sistema proposto por Hennebique pensa na ossatura metálica composta por barras de ferro redondo dispostas de forma a atender as demandas das cargas, logo se tem o que se chama de armadura superior e inferior, ou negativa e positiva. Estas eram ligadas entre si, para dar mais rigidez, evitando a tendência ao cisalhamento, e segurança pelos estribos. Após a montagem da armadura, disposta nas formas de madeira, e injetado o concreto, formava-se uma estrutura monolítica, leve e versátil. Por isso, que podemos dizer que Hennebique é o criador do concreto armado, pois mais do que criar as condições da adesão entre as duas técnicas construtivas, condição já consolidada no final de 1870, ele conseguiu criar um sistema estrutural, o da estrutura independente.

Interessa aqui, porém não entender o porquê de o concreto armado ganhar esse status e tampouco abordar o comportamento físico e mecânico dele, no entanto compreender como uma invenção, a da escola do concreto armado no Brasil por Lúcio Costa (1928, 1936 e 1951), primeiro, depois por Paulo Santos (1956 e 1964), tornou-se uma história, escrita por Augusto Carlos de Vasconcelos (1986). Escrita em três volumes, Vasconcelos trata no primeiro dos recordes, das realizações e da história propriamente dita; no segundo, dos professores, cientistas e técnicos e, por fim, da pré-fabricação, dos monumentos e das fundações, no terceiro e último volume. Parece que o autor não deixou de abordar nenhum tópico relacionado à Escola do Concreto Armado no Brasil.

Apesar disso, lacunas permaneceram em aberto e questões se tornaram necessárias de serem respondidas. Quatro teses de doutorado, realizadas em três Programas de Pós-Graduação – uma na UFMG, outra na USP e duas na UnB – buscam a partir de hipóteses próprias cobrir algumas dessas lacunas. Cada uma aborda uma fonte própria, criando assim, um panorama bem mais amplo e complexo da introdução do concreto armado pela atuação de duas empresas construtoras, da sua difusão e vulgarização de um conhecimento técnico, da trajetória dos palácios construídos para a nova capital do Brasil, Brasília e de um dos principais personagens, o engenheiro Emílio Baumgart.

Pretende-se a partir desse esforço, demonstrar que a história do concreto armado no Brasil ainda está sendo escrita, sobretudo com o acesso a novos documentos e novas abordagens, com um olhar distante, de jovens historiadores e arquitetos. Essas quatro revisões somente perpassam por alguns aspectos por este que é o principal material de construção empregado no país. Desse modo, o objetivo final desse trabalho é demonstrar como uma invenção, virou uma narrativa que passa por revisões até hoje, por meio de novas questões e de novas fontes.

## 2. A invenção: uma Escola de Concreto Armado

Lucio Costa (1902-1998) deu uma entrevista em 1928 ao diário *O Paiz*, jornal de Assis Chateaubriand, em que responde a diversas questões sobre o impacto dos edifícios de múltiplos andares, conhecidos como arranha-céus<sup>4</sup>. Foi parte de uma série de entrevistas com

---

construtora especializada no restauro de catedrais antigas. Entre 1880 e 1892, realiza uma pesquisa sigilosa que busca projetar um sistema construtivo mais seguro a incêndios. Em 1888, entra com seu primeiro pedido de patente para seu sistema que denominou por “ferro-béton” e quatro anos depois lança sua principal patente, em que propunha os estribos que servem de conectores de barras de armação superiores e inferiores aumentando a resistência do elemento estrutural.

4 Tradução literal do inglês skyscraper



os arquitetos mais atuantes no momento na cidade e capital do Brasil, o Rio de Janeiro. Com apenas 26 anos de idade, o jovem arquiteto responde a questões como:

Como justifica a existência do arranha-céu? O arranha-céu tende a se fixar nas grandes capitais? Julga-se o arranha-céu suscetível de receber novas manifestações de arquitetura? Qual o processo de construção que convém ao arranha-céu? Em que estilo deve ser tratado o arranha-céu? Acha o arranha-céu compatível com o nosso ambiente? (COSTA, 2010, p.20-25)

A forma como ele contesta a cada uma das questões foi própria do seu tempo, usando de figuras de linguagens diversas, além de um tom de “catequista” denota a narrativa empregada, a qual pode-se considerar quase panfletaria. Das cinco perguntas, foi a partir da terceira, sobre a suscetibilidade desse novo edifício receber “manifestações” de arquitetura, que o arquiteto se posiciona por uma abordagem considerada racionalista:

Do fim do século XVIII para cá a arte se vinha arrastando numa atmosfera irritante de mediocridade e de mentira, de reproduções mesquinhas, de imitações descabidas – de pastiche. Atrofiada, ridícula, pueril. Mas o poder de criar, o desejo irresistível de dizer de outra maneira aquilo que já foi e sempre será dito – é intrínseco ao homem. (...). A ciência – sim, a ciência acordou a arte – a ciência fez com que a arte que virara enfeite caísse em si, despertasse do sono absurdo e reatasse a sua vida morta com a vida viva do passado. A ciência, com a sua razão e a sua lógica, deu vida à nova arte, vida nova à arquitetura. Razão, lógica, bom senso, essa coisa simples que sempre foi o ponto de partida de toda verdadeira arquitetura, essa coisa simples que estava esquecida, a ciência de novo nos deu. É graças a ela que o arranha-céu há de ser o nosso monumento – e há de falar de nós aqueles que virão depois. E é graças a ela que o arranha-céu poderá ser uma nova expressão de arquitetura, voltando à verdade, a essa sempre nova fonte de beleza, à forma que se adapta ao órgão, que obedece à função, à beleza do Karnak, do Partenon, de Remis, à beleza do corpo humano, à beleza da estrutura (COSTA, 2010, p.23).

Sete anos depois, na *Revista da Diretoria de Engenharia da PDF*, Costa publica o manifesto intitulado *Razões da Nova Arquitetura*. Nesse momento Costa estava inserido entre os personagens que mudaram os rumos das manifestações artísticas no país em busca da construção de uma identidade brasileira com um conjunto de novos símbolos, heróis e ideias. Era o Brasil Moderno para o qual Lucio Costa pensava nas raízes para a nova arquitetura:

As construções atuais refletem, fielmente, em sua grande maioria, essa completa falta de rumo, de raízes. Deixemos, no entanto, essa *pseudo-arquitetura*, cujo único interesse é documentar, objetivamente, (...), porque, ao lado dela existe, já perfeitamente constituída toda uma *nova técnica construtiva* paradoxalmente ainda à espera da sociedade à qual, logicamente, deverá pertencer (COSTA, (1936) 2007, p.18).

Essa técnica construtiva era a do concreto armado, sendo que diferentemente do que respondeu na enquete de 1929 do jornal *O Paiz*, em que falava que a técnica do momento era a estrutura metálica, houve alguma razão para que mudasse de ideia e elegesse o concreto armado com a melhor para construir uma nova sociedade. Para defender tal argumento, Costa diz que a década de 1930 é um período de transição, dentro de uma ideia de “evolução da arquitetura”. Por isso, que toda a arquitetura feita nessa década era denominada por *pseudo-arquitetura*. Ou seja, uma arquitetura que não era nem eclética, tampouco chegava a ser moderna, pelo menos não a modernidade almejada.

Não é só nesse ponto que tudo muda, a forma como ele constrói o texto também, dentro de uma linha panfletaria Costa defende que as mudanças na arquitetura e sua forma só serão



possíveis com assimilação da máquina, ou melhor, das transformações possibilitadas pela industrialização, como ocorre com os meios de transportes. Essa mudança não ocorreu devido ao embate entre a prática arquitetônica e a atuação do engenheiro, sobretudo pelos arquitetos:

A nova técnica reclama a revisão dos valores plásticos tradicionais. O que a caracteriza e, de certo modo, comanda a transformação radical de todos os antigos processos de construção – é a ossatura independente (COSTA, (1936) 2007, p.27).

Logo, a nova arquitetura prescindiu do entendimento de que parede, suporte e vedação são três elementos separados e logo:

É preciso, antes de mais, que todos – arquitetos, engenheiros, construtores e o público em geral – compreendam as vantagens, possibilidades e a beleza própria que a nova técnica permite, para que então a indústria se interesse, e nos forneça – economicamente – os materiais leves e à prova de ruído, que a realidade necessita (COSTA, (1936) 2007, p.31).

(...).

Todos, porém, de acordo com o seguinte princípio inicial: a arquitetura está além; a técnica – é o ponto de partida. E, se não podemos exigir de todos os arquitetos a qualidade de artista, temos o direito de reclamar daqueles que o não forem, a arte de construir (COSTA, (1936) 2007, p.32).

A nova arquitetura almejada por Costa é uma arquitetura construída com concreto armado e que tenha a mesma estética tanto para a moradia, quanto para a indústria e o palácio. Logo, o sistema construtivo era uma das “razões da nova arquitetura”.

Em 15 de junho de 1951, o diário Correio da Manhã (Figura 1) publicou uma série de artigos em um caderno especial em comemoração ao aniversário de 50 anos, organizado pelo escritor Carlos Drummond de Andrade. Lucio Costa escreveu o artigo “Muita construção, alguma arquitetura e um milagre<sup>5</sup>” em que exalta a construção do então edifício do Ministério da Educação e Saúde Pública ou Ministério da Educação e Cultura (MEC), depois renomeado como Palácio Gustavo Capanema.

O desenvolvimento da arquitetura brasileira ou, de modo mais preciso, os fatos relacionados com a arquitetura no Brasil nestes últimos cinquenta anos não se apresentam concatenados num processo lógico de sentido evolutivo; assinalam apenas uma sucessão desconexa de episódios contraditórios, justapostos ou simultâneos, mas sempre destituídos de maior significação e, como tal, não constituindo, de modo algum, estágio preparatórios para o que haveria de ocorrer (COSTA, 1962 (1951), p. 42).

Os ‘episódios contraditórios, justapostos ou simultâneos’ perpassam pelas diversas construções que ocorreram no Rio de Janeiro desde o começo do século XX, ampliados pela reforma urbana empreendida por Pereira Passos quando foi Prefeito da então capital do Brasil. Costa cita todas essas obras, organizada e classificada por movimento artístico e arquitetônico, e ressaltou em um momento o concreto armado:

Essa feliz conjugação de capacidades e intenções complementares de procedência diversa levou a nossa técnica do concreto armado a adiantar-se

---

<sup>5</sup> O mesmo artigo foi republicado, com alguma edição, na Revista-catálogo do III Congresso Interamericano da Indústria da Construção, em agosto de 1962; e no livro organizado por Alberto Xavier na década de 1980, cuja segunda edição data de 2007, o qual também compilou artigos de diversos atores do Movimento moderno no Brasil, publicado em 2003.



a ponto de constituir, a bem dizer, **escola autônoma**, capaz de orientar, pelo exemplo da sua prática, a técnica estrangeira sob tantos aspectos menos experimentados (COSTA, 1962 (1951), p. 47, grifo da autora).



**Figura 1:** Página 9 do caderno especial publicado em 15 de junho de 1951, em comemoração aos 50 anos do diário carioca Correio da Manhã. Observa-se que a imagem que ilustra essa parte é o projeto do arquiteto francês Le Corbusier para o Rio de Janeiro, feito durante a sua estadia em outubro de 1929, no Brasil.

Fonte: Hemeroteca Digital da Biblioteca Nacional.

Essa já anunciada 'escola autônoma' do concreto armado possui um personagem central, o engenheiro Emílio Baumgart, "mestre dos novos engenheiros especializados na técnica do concreto armado" (COSTA, 1962 (1951), p. 49). Os novos engenheiros são citados longamente, em destaque ao engenheiro Joaquim Cardoso.

Os mesmos personagens são citados pelo arquiteto Paulo Ferreira Santos, também formado na Escola Nacional de Belas Artes, em 1926, ano que foi um marco para a instituição de ensino superior, pois se formaram mais do que cinco arquitetos.

### 3. O béton armé de Monier e os seus derivados

A partir de 1865, as iniciativas de Joseph Monier – dono de uma casa comercial de horticultura – foram imprescindíveis, pela apresentação de objetos de pequena escala, vasos e potes para plantas, feitos pela composição de grossa malha de ferro embebida por cimento por meio de uma forma. Um ano depois, solicitou uma segunda patente, uma tubulação composta de uma malha reticulada de ferro conformada pelo cimento. Em 1869, outro pedido de painéis para fachada, seguido pela construção de um reservatório de água com 130 m<sup>2</sup>, na cidade de Bougival, em 1872. Vê-se como vai aumentando o grau de complexidade da escala das obras, sendo em 1873 e 1878, requisitados a patente de pontes e fundações, respectivamente. Tal programa construtivo – as pontes – foram propostas por Monier como recomendação de uso, tanto para as para estradas de ferro, como as de rodagem. Suspeitava-se, no fim, se Monier entendia a verdadeira ação estrutural do sistema híbrido: se a associação de ferro/aço com cimento servia para aumentar a coesão interna entre ambos ou se era para prevenir contra o desgaste do metal por ferrugem (CONDIT, 1968, p.3; MÖRSCH, 1909 apud: FREITAS, 2011, p. 77).





As respostas a essa pergunta somente seriam dadas pela “vanguarda experimental alemã”, composta pelos engenheiros que adquiriram em setembro de 1884 a concessão de uso da patente do sistema Monier. Apesar de Gustav Adolf Wayss (1851-1917) não ter sido um dos concedidos, ele convenceu as firmas Freytag & Heidschuch de Neustadt-na-der-Weinstrasse (fundada em 1875) e Martenstein & Josseaux, a lhe cederem o uso para realizar ensaios, que foram feitos no âmbito da Escola Técnica de Stuttgart. Estes partiam da construção de um elemento estrutural, como um arco ou uma laje, de modo a estarem suspensos e por cima eram colocados sacos de areia até o aparecimento de rachaduras ou a completa ruptura da estrutura. Todo o processo era observado, documentado por fotografias e relatos, buscando-se aprimorar o sistema estrutural por cálculos.

Seu colega Matthias Koenen (1849-1925) criou o princípio de cálculo de lajes Monier em 1886, tendo publicado os resultados em 1887 com o título *Das System Monier (Eisengerippe mit Cementumhüllung) in seiner Anwendung auf das gesammte Bauwesen* (O sistema Monier, armações de ferro envolvidos em cimento e sua aplicação na construção). Para Peter Collins, esse cálculo se mostrou ser não tão exato e apesar disso, ele abriu um precedente para calcular uma estrutura de concreto armado de uma forma puramente científica (COLLINS, 1959, p. 61 apud: FREITAS, 2011, p. 78).

A transformação, portanto, do invento original de Monier num experimento racional e científico foi uma iniciativa dos engenheiros alemães, e o verdadeiro papel daquele foi o de aprimorar e divulgar a patente (MÖRSCH, 1909, p. 200; VASCONCELOS, 1996, p. 50 apud: FREITAS, 2011, p. 78). Todavia, por conta da língua alemã<sup>6</sup> não ser de domínio geral, essas investigações pouco repercutiram em países de língua latinas ou anglo-saxônicas, o que ocorreu apenas depois da passagem do século XIX para o XX com as traduções dos livros de Emil Mörsch (em 1902) e a divulgação da coletânea *Handbuch für Eisenbetonbau* (Manual para a construção de concreto armado), em quatro volumes, organizado por Fritz von Emperger, que reunia diferentes autores alemães, austríacos, dinamarqueses, búlgaros etc.

O evento mais importante na determinação do concreto armado como uma tecnologia para os países anglo-saxões foi em 1877 quando o inventor norte-americano Thaddeus Hyatt realizou experimentos para verificar o comportamento do sistema híbrido. Estes foram empreendidos na Inglaterra, com a ajuda do fabricante de máquinas para testes David Kirkadly. Os experimentos foram um grande passo, ao precisarem duas características da associação do ferro e do cimento: a descoberta de que os dois materiais possuem coeficientes de dilatação aproximadamente iguais, e que, juntos, realizam esforços em conjunto, ou seja, ao estarem sob a tração eles se alongam do mesmo modo.

Essas notícias chegavam ao Brasil por diferentes caminhos. Na última década do século XIX, foi protocolado um pedido de “Privilegio Industrial n. 549” para uma versão alterada do sistema Monier. Logo depois foram construídas as primeiras obras com o novo sistema construtivo, como edificações de casas. Entretanto, sua maior presença deu-se em obras de infraestrutura urbana, no âmbito do processo de modernização das cidades brasileiras, adequando suas instalações e aprimorando a oferta de equipamentos portuários, de transporte e urbanos conforme os padrões internacionais vigentes no momento e de capital importância para a entrada do Brasil na ordem econômica vigente.

---

<sup>6</sup> Em 1939, o engenheiro Ernst Berckenhagen publicou um manual que tinha como intuito ajudar a sanar tal deficiência e permitir que os engenheiros lessem a literatura especializada em concreto armado publicada nos países germânicos. O livro *Alemão para o Engenheiro civil* foi editado em São Paulo e resultou de um curso especial dado a estudantes de engenharia pelo aprendizado pragmático de termos e vocabulários técnicos específicos retirados de livros e manuais de construção em alemão. As experiências no mundo anglo-saxônico.



#### 4. A difusão do sistema Monier pelo Brasil e outros países americanos

Em 1891, o engenheiro Carlos Poma pede o privilégio de uso da patente Monier. Este mesmo senhor entrou com um pedido semelhante na Argentina, dois anos antes, que foi outorgado para “a aplicação do cimento armado para a construção de edifícios etc., fixos ou portáteis ” (LIERNUR & ALIATA, 2004, p. 184 apud: FREITAS, 2011, p. 82). Porém, no caso brasileiro tratava-se de uma patente, segundo o requisitante, modificada por 15 anos, que denominou de construção de “beton e ferro”:

... tendo por base uma modificação radical no sistema Monier não privilegiado no Brasil um sistema de construção de beton e ferro, de sua invenção, aplicável a todos os trabalhos de construções e especialmente à construção de casas higiênicas e econômicas; de pontes, cais, e obras hidráulicas, depósitos de água, grandes reservatórios de água e cereais, fontes, grutas artificiais, quiosques, bancos, vaso para flores e plantas e mais acessórios para jardins; tubos e canos para água e esgotos; cubas para gasômetros; trabalhos de imitação de madeiras rústicas, substituindo com vantagem todas estas construções o emprego da madeira, do ferro, dos tijolos, do mármore, por um material sólido higiênico, econômico e de aplicação facilima (POMA, 1891 apud: D’ALAMBERT, p.54).

No “relatório descritivo” foram pontuadas as diferenças entre o sistema em questão e o Monier, para o qual ele alegava ter trabalhado e buscava distanciar-se ao propor modificações no original. Tais alterações ocorreram na composição do “béton”, cuja composição inicial proposta por Monier era “cimento, areia, resíduos de carvão de pedra, ferro e terra refratária” foi apresentada

exclui completamente os outros materiais e emprega unicamente a quantidade de cimento necessária para entrar na composição do “beton”, material muito conhecido na indústria e formado com pequenos pedaços de pedra, granito, mármore, cascalho, tijolos que não tenham mais de 0,05 de espessura para cada lado (POMA, 1891 apud: D’ALAMBERT, 2003, 54).

Essa mesma formulação da composição do que Poma denominou por “beton” apareceu no O Vignola Brasileiro como “betão”, e se tratava de uma argamassa. Essa condição denota o incipiente estado da arte do sistema construtivo e da indústria do cimento neste momento, sobretudo no Brasil e na Argentina e nos permite entender como foi complexa o desenvolvimento de um único tipo de concreto armado. No tempo de Poma, não existiam regras ou normas para se proporcionar a medida dos elementos que compõem o “béton” (isto é, não existia o que mais tarde ficou conhecida como “dosagem racional do concreto”), como também não havia um sistema de regras e cálculos que permitissem pensar o desenho dos elementos estruturais e a relação entre os dois principais componentes do sistema e, tampouco, padrões de formas de agenciar-se a união entre o ferro e o concreto.

O mercado da construção era dominado pela proliferação de patentes e pelos produtos manufaturados na Europa e nos Estados Unidos que eram exportados para os países de industrialização incipiente ou inexistente, como o Brasil:

A dinâmica do processo deveu-se também à prosperidade que se verificou no Brasil, a partir da década de 1880, e à emergente burguesia enriquecida pelo comércio, pelo café, borracha, algodão e outros produtos, que se voltava então para os modelos europeus, rapidamente incluindo em seu consumo diário manufaturas importadas: vinha toda sorte de produtos desde grampos de cabelo até os mais modernos complexos equipamentos urbanos (COSTA, 1994, p.11 apud: FREITAS, 2011, p.87).



Nas primeiras décadas do século 20 era comum a presença, nas grandes cidades como Rio de Janeiro, Salvador, Recife e São Paulo, de importadoras de materiais de construção, geralmente ligadas a alguma construtora. Esse era o caso da Ramos de Azevedo (LEMOS, 1985) e da Companhia Construtora de Santos (FREITAS, 2005). O cimento chegava dentro de barricadas com prazo de validade, que variava conforme o clima, ou como peças pré-fabricadas como tijolos. Contudo, nas décadas que antecederam tal século, as patentes eram um meio de assegurar-se um grau de autonomia em relação ao mercado, mesmo que incipiente, da construção civil, já que na falta de alguma norma se podia alterar um detalhe e requisitar como próprio a patente.

A aplicação do “béton e ferro” era calcada pelas questões subjetivas e empíricas de Poma, apreendidas durante seu estágio com Monier. Tal condição fica explícita ao verificarmos as dimensões e o espaçamento entre as “barras cilíndricas” de ferro cujo “diâmetro que em geral varia entre 5 e 25 milímetros” e sua disposição “em sentido vertical e horizontal com a distância de um para o outro de 10 a 40 centímetros” (POMA, 1891 apud: D’ALAMBERT, 2003, p.55). Pelo texto depreende-se que essa etapa de armação do ferro era o esqueleto do objeto e sua forma e dimensão era dada pelos moldes, dentro do qual era despejado o “beton”. Após seu endurecimento, retiravam-se as formas e se aplicava uma última demão de uma mistura de cimento e areia.

No fim, a única diferença para o sistema original era a composição do concreto, sendo confusa, pois entendia como concreto armado uma concepção monolítica, muito semelhante da proposta por Coignet. Ainda não havia definição de uma estrutura de fato, formado por pilar/coluna, viga e laje. Acompanhando o processo de patente, anexos estavam dois desenhos que mostram, na primeira prancha, segundo D’Alambert, como o “treliçado de ferro era apresentado de forma contínua, desde o térreo até o último pavimento da construção” não sendo possível identificar como se dava a ligação entre a cobertura e a laje e essa parede (D’ALAMBERT, 2003, p.45). Já no segundo desenho, era mais clara a questão empírica do proposto, já que eles se assemelhavam a árvores, troncos, galhos numa leitura simbiótica com os elementos naturais.

Com a patente n. 1105 autorizada um ano depois do pedido, Poma fundou a “Empresa de Construções de casas de habitação”, construindo casas no bairro bastante novo e de difícil acesso, denominado por Copacabana, e que mais tarde seria um local de ampla aplicação do sistema construtivo. O conjunto era composto pelo total de seis casas, sendo dois sobrados, duas térreas e dois assobradados e tudo era de “beton e ferro”: “fundações, paredes, vigamentos, soalhos, tetos, terraços, escadas, muros etc.” (FREITAS, 1904, p.190 apud: FREITAS, 2011, p.88). Com o sucesso desse empreendimento, o engenheiro fez mais outras edificações em Petrópolis, bem como, o reservatório de água da cidade. Essa empreitada deteve esse resultado por consequência de dois outros fatores: a existência de mão de obra barata, em decorrência da abolição da escravatura e do incentivo a imigração de, basicamente, trabalhadores não especializados, e a existência abundante das matérias-primas como argila, cal, areia, brita etc., sem que houvesse a necessidade de uma indústria de base desenvolvida, como no caso da estrutura metálica.

Essa experiência também ocorria em terras europeias e norte-americanas, sendo rica e complexa a contextualização do momento. Os indícios de emprego do sistema nos Estados Unidos da América aparecem em maio de 1894, quando foi publicado no periódico *Engineering Record* o artigo “Testes na construção de Monier”, um resumo dos testes realizados em pontes construídas com o sistema na Europa. Contudo, a patente Monier-Wayss-Koenen foi propagada a partir de 1896, pela iniciativa do engenheiro E. Lee Heidenreich, que a apresentou em 6 de junho, para a “Western Society of Engineers”, com sede na cidade de Chicago, numa conferência, mais tarde publicada na edição 3 do jornal da



“Western Society”. Essa palestra tinha a intenção de aumentar a confiança dos contratantes no novo sistema construtivo, já que Heidenreich enfrentou esse problema numa encomenda de um elevador de grãos em Minneapolis. Em seu texto, o engenheiro alemão descreve uma variedade de formas como silos, tanques, pisos em arcos pré-tensionados entre vigas de aço, lajes planas sobre vigas de metal em I e lajes moldadas monolíticas com vigas de concreto. Todas essas configurações estavam pautadas por um mesmo princípio:

A teoria, como ele a resumiu, consistiu no reforço do concreto com perfis de aço implantados de modo a resistir às cargas, tanto, de compressão, como de tensão, mas na prática do dia a dia o uso do metal para resistir às forças de compressão estava limitada as formas verticais como os tanques de armazenamento e colunas. Em todos os casos, o reforço consistiu num sistema de perfis dispostos em duas direções presos e apertados nas intersecções por uma malha de fios, os perfis em uma direção foram designados como perfis distribuidores e na outra, de perfis de suporte. O primeiro grupo funciona para transferir as forças dentro do concreto para os elementos de suporte, que absorviam as forças de tensão (CONDIT, 1968, 10-11 apud: FREITAS, 2011, p.89).

Segundo Condit, a primeira obra foi empreendida pela “Illinois Steel Company” em 1899, pautada pelo projeto estrutural de Heidenreich, que era um edifício de tanques para estocagem em Chicago: “Os cilindros com casca de concreto era reforçado com um sistema de barras redondas e verticais dispostos em duas direções”. Com a entrada no século XX, o concreto armado dissemina-se pela região meio-oeste e do vale do rio Mississipi, principalmente pela Companhia de Estradas de Ferro Illinois (CONDIT, 1968), mesmo sendo o local de predomínio de emprego de estrutura metálica. Entretanto, já estavam sendo postas as condições necessárias para o aumento da escala de emprego do concreto armado, indiferente ao caso, equivalente ao da estrutura metálica, existindo construtores interessados em tentar.

O concreto armado teve seu desenvolvimento racional retardado nos Estados Unidos pela grande variedade de sistemas e a falta de um método de execução; e por estar situado no pior dos cenários possíveis, em que a estrutura metálica teve seu maior aperfeiçoamento com a técnica de construção de estruturas independentes, para a ossatura e a fachada, que possibilitou o surgimento de edifícios arranha-céus. O engenheiro Ernest Leslie Ransome desenvolveu um sistema com base no de Monier e começou a aplicá-lo no oeste do país, sobretudo na região de São Francisco:

O metal deployé é igualmente muito usado, bem como os tipos especiais de ferro americano, a saber: as barras deformadas Ransome, que se obtém pela torção de barras de secção quadrada; as barras Johnson, com saliências laterais, formando escamas etc. E, além de outros sistemas de malhas, usa-se a malha triangular de arame de aço (da U. S. Steel Products Co.) que oferece reais vantagens não só quanto à resistência, como quanto à economia (MOREIRA, 1925, p.9 apud: FREITAS, 2011, p.90).

Outros sistemas de concreto armado derivados da patente de Monier foram surgindo depois em vários países europeus e americanos, contudo, com poucas diferenças uns para os outros e até na ocorrência de redundâncias, como o de Julius Kahn e outros como Möller, na Alemanha, Wünsch na Hungria (CHRISTOPHE, 1902, 2).

O sistema criado por Josef Melan, de origem austríaca, foi introduzido pelo engenheiro Von Emperger nos Estados Unidos da América, que obteve êxito na construção de pontes. O sistema proposto pelo engenheiro Melan funcionava, na realidade, como o reforço de uma estrutura metálica que consistiu na construção de uma alma de aço, depois suspendendo



formas de madeira na mesma, cimentava com concreto a parte metálica sem ter a necessidade de andaimes (BILLINGTON, 1979, 11). Por essa razão,

Entre as primitivas tentativas de empregar os dois materiais combinados, alguns eram ferro ou aço envolvido em e reforçado por concreto, e que conseqüentemente deve ser denominado pelo termo “ferro reforçado” ou “aço reforçado”, enquanto outros consistiram no concreto como suporte ou reforçado nos intervalos por juntas de ferro e aço dispostas de um modo que justifique o termo “concreto armado (S.A., 1909, p.I apud: FREITAS, 2011, p.90).

Outras patentes de concreto armado francesas que seguiam o mesmo princípio básico de Monier e Melan: sistema Bordenave, denominado de “sidero-cimento”, Cottacin, o sistema “cimento com ossatura metálica”, todos eles consistiam no emprego de vigotas de aço que eram embebidas em cimento, ou seja, reforçadas.

Em 1904, foi realizado em Saint Louis, mesmo ano e local da Exposição Internacional, patrocinada pela American Society of Civil Engineers (ASCE), um Congresso Internacional de Engenharia, contendo 35 temas que procuravam rever os progressos técnicos dos últimos dez anos. Um deles era intitulado “concreto e concreto-aço”, isto é, concreto armado. O trabalho mais importante, mencionado por Billington, tomou como exemplo uma ponte de concreto e outra de aço construída antes de 1894, comparando suas vantagens de emprego, rapidez e economia, chegando às mesmas conclusões das do engenheiro Poma no Brasil: facilidade de mão de obra e matéria-prima barata.

Apesar do caráter pioneiro dessas iniciativas ainda se estava, no limiar do século XIX para XX, muito distante de uma tecnologia construtiva de fato, seja no Brasil, na Argentina ou no Uruguai, seja nos Estados Unidos da América. Era necessário ainda o desenvolvimento de uma indústria de base produtora de cimento Portland e de aço industrializado, da consolidação de um pensamento de racionalização do mercado da construção civil, de modificação da prática da arquitetura e da engenharia, e de formação de mão de obra especializada. A aceitação definitiva do concreto armado como sistema construtivo mais difundido na construção no Brasil, bem como nos países vizinhos, somente seria possível após o Estado assumir um papel incisivo nesse campo.

## 5. O concreto armado como conhecimento e sua regulamentação

Se a segurança foi uma questão que levou a junção entre o aço e o concreto, sendo este um protetor e reforço do metal contra os incêndios, resistente aos temores de terra e das ações químicas causadas pelas intempéries, outras demandas condicionadas pela necessidade das novas condições de vida nas cidades industriais e pela nova ordem econômica mundial foram sendo respondidas. Demandas como a de economia do concreto armado se comparado a estrutura metálica e a alvenaria de pedra ou de tijolos, de rapidez na construção e de leveza estrutural etc. A diversidade de proposições de sistemas construtivos provocou uma concorrência que levou a acidentes no canteiro de obra e no desabamento de edificações prontas e em uso:

Uma causa frequente reside também na imprudência dos construtores que se querem mostrar ousadas ou conflitantes demais, e na falta de operários competentes, cujos motivos vários construções tem fracassado. A retirada prematura dos cimbramentos e das formas tem dado lugar a funestas conseqüências (FREITAS, 1904, 163 apud: FREITAS, 2011, p.91).

13º Seminário

do\_c\_o\_m\_o\_m\_o\_  
brasil

Salvador – BA  
7 a 10 de outubro de 2019



Logo, urgia a organização de regulamentos, leis, códigos de obras ou cadernos de encargos, que foram realizados entre a última década do século XIX e início da 1ª. Grande Guerra. Para tanto, alguns dos países europeus organizaram comissões que tinham como objetivo criar uma regulamentação. O primeiro país a ter um regulamento foi a Suíça, em 1902, uma iniciativa da associação dos arquitetos, após as análises e das publicações do professor Wilhelm Ritter, da Eidgenössische Technische Hochschule (ETH), sobre o sistema Hennebique (KIERDORF, mai, 2009, 889). Foi seguido pelo regulamento da Alemanha, protocolado em 16 de abril de 1904; seguido da França e da Itália, ambos em 1906; Império Austro-Húngaro, 1907; Suíça, 1909 e Grã-Bretanha, 1919 (MESNAGER, 1921).

Cada regulamentação elegeu alguns dos sistemas propostos, privilegiando aqueles que já possuíam fórmulas de cálculos das dimensões em relação ao tipo de aplicação. O sistema Monier somente pode ser reconhecido e amplamente empregado com base em sua apropriação, racionalização e organização pelos engenheiros alemães, sustentados pela boa relação entre as construtoras especializadas no concreto armado e as escolas técnicas como a de Stuttgart, onde o engenheiro Emil Mörsch realizou testes de estrutura, carga etc. para a Ways & Freytag.

Essa ligação entre a empresa construtora e a escola foi considerada importante pelo fundador da Escola Politécnica de São Paulo, o engenheiro Paula Souza, que logo após a criação da instituição de ensino, concedeu as condições políticas e econômicas de ensino por meio da prática com a instalação do Gabinete de Resistência dos Materiais. A difusão da teoria do sistema construtivo naquela escola começou a aparecer na Revista Politécnica a partir de 1906, momento da publicação da notícia *A Glória do cimento armado* e, quatro anos depois, das notas do curso Construções em cimento armado, lecionada pelo mesmo engenheiro supracitado.

Já na Escola do Rio de Janeiro, os estudos sobre resistência dos materiais estavam incorporados à cadeira de mecânica aplicada às máquinas, lecionada, desde 1882, pelos engenheiros André Gustavo Paulo de Frontin (1860-1924), como o professor catedrático, e Carlos César de Oliveira Sampaio (1861-1930), como substituto (PARDAL, 1984, 174). Em 1911, Carlos Sampaio era o professor catedrático quando ingressou, como substituto, o engenheiro Augusto de Brito Belford Roxo. Concomitantemente ocorreu a atualização dos métodos de ensino por meio da reformulação do estatuto da escola. Em 1914, o professor substituto aproveitou a ausência do catedrático da disciplina para lecionar um curso de resistência dos materiais. Segundo Pardal, foi a primeira vez que esse conhecimento seria dado na Escola Politécnica, abordando a questão do concreto armado. Um ano depois dessa iniciativa, seria criada a cadeira resistência e estabilidade dos materiais, cujo professor catedrático foi Jorge Valdetário de Lóssio e Seiblit (1873-1923), graduado na escola em 1895 (PARDAL, 1984, 172). Em 1924, a Escola Politécnica foi incorporada a Universidade do Rio de Janeiro, sendo seu ensino renovado e a formação de engenheiro dividida em três especializações: civil, eletricitista e industrial. Aquela cadeira foi separada em duas disciplinas: resistência dos materiais, cujo responsável seria Belford Roxo, e estabilidade da construção, por Lino de Sá Pereira.

Na Escola de Engenharia do Mackenzie College, sediado em São Paulo, o professor João Bierrenbach Lima publicou, em 1915, uma série de quatro artigos intitulada Notas sobre a Teoria do cimento e o emprego do cimento armado na Revista de Engenharia Mackenzie. Nela, o professor do curso de resistência de materiais discorreu sobre as origens do sistema construtivo, ressaltando os aspectos de seu rápido desenvolvimento e a ampliação do seu emprego em menos de meio século, destacou um problema relacionado ao modo de racionalizar-se matematicamente: “não pode aplicar aos seus cálculos as mesmas leis que refém os da resistência dos materiais de secção homogênea”, propondo como solução o uso



das “leis de deformação elásticas do ferro e do concreto postas em relação com os esforços externos” como a compressão, a flexão e os esforços tangenciais (LIMA, 1915, p.18 apud: FREITAS, 2011, p.115).

## 6. Referências

ADDIS, Bill. **Edificação: 3000 anos de projeto, engenharia e construção**. Trad. Salvaterre, A. Porto Alegre: Bookman, 2009.

A Indústria de Cimento no Brasil. Histórico e característicos da Indústria de Cimento Portland. In: Boletim de Informações. **Cimento e Concreto**. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, n. 43, 1940, p. 247-258.

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

CONDIT, Carl W. The First Reinforced-Concrete Skyscraper: The Ingalls Building in Cincinnati and its Place in Structural History. **Technology and Cultura**, vol. 9, n. 1 (jan. 1968), p. 1-33. Sítio Eletrônico: [www.jstor.org/stable/3102041](http://www.jstor.org/stable/3102041) (acessado em 18/6/2010).

COSTA, Lucio. “Muita construção, alguma arquitetura e um milagre”. In: **Revista-Catálogo do III Congresso Interamericano da Indústria da Construção**. Rio de Janeiro: 1962, p. 41-53.

COSTA, Lucio. O arranha-céu e o Rio de Janeiro. (Entrevista concedida a) s.a. O Paíz, Rio de Janeiro, n. p., 1º. De julho de 1928. In: NOBRE, Ana Luiza (org.). **Lucio Costa**. Rio de Janeiro: Beco do Azougue, 2010, p.20-25.

COSTA, Lucio. “Razões da Nova Arquitetura”. In: XAVIER, Alberto (org). **Lucio Costa: sobre arquitetura**. 2ª. Ed. Porto Alegre: Ed. Ritter, 2007, p. 17-40.

D'ALAMBERT, Clara Correia. **Um novo modelo de construção no limiar do século 20 – Concreto armado: experiências técnicas, especulações estéticas**. Sinopses. São Paulo: FAU, n. 39, abr. 2003, p. 37-59.

FONSECA, R. P. da. **“Escritório Technico Emilio H. Baumgart”: Escola do Concreto Armado e a Escola Modernista Brasileira**. Tese de Doutorado. Brasília: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UnB, 2016.

FREITAS, M. L. de. **Modernidade Concreta: as grandes construtoras e o concreto armado no Brasil, 1920 a 1940**. Tese de Doutorado. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP, 2011.

PETERS, Tom F. **Building the nineteenth century**. Cambridge, Mass; Londres: The MIT Press, 1996.

SANTOS, P. F. “A Arquitetura da sociedade industrial. VII – O fator estrutural: estruturas de concreto armado”. **Habitat**. São Paulo: n. 28, mar. 1956, p.56-60.

SANTOS, R. E. dos. **A armação do concreto no Brasil: história da difusão do sistema construtivo concreto armado e da construção de sua hegemonia**. Tese de Doutorado. Belo Horizonte: Faculdade de Educação, UFMG, 2008.

SILVA, E. G. da. **Os palácios originais de Brasília**. Tese de Doutorado. Brasília: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UnB, 2012.

SILVA, G. G. da. **Arquitetura de ferro no Brasil**. São Paulo: Nobel, 1986.

VASCONCELOS, A. C. de. **O concreto no Brasil: recordes, realizações, história**. São Paulo: Copiare, 1985.