

## O SISTEMA ESTRUTURAL NA OBRA DE OSCAR NIEMEYER EM BRASÍLIA

**Leonardo S. P. Inojosa, Márcio A. R. Buzar**

*Programa de Pós Graduação, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, ICC  
Norte - Gleba A - Subsolo, Campus Universitário Darcy Ribeiro - Asa Nort Brasília – DF, Brasil,  
ppg-fau@unb.br, <http://e-groups.unb.br/fau>*

**Palavras-Chave:** Projeto estrutural, elementos finitos, estrutura de concreto, sistema estrutural.

**Resumo.** Na arquitetura de Oscar Niemeyer é evidente a presença marcante do Sistema Estrutural na definição da forma e assim no resultado plástico da obra construída. Niemeyer gosta de valorizar o trabalho do engenheiro e costuma dizer em suas publicações que na boa arquitetura, quando a estrutura está pronta a arquitetura já está presente. Nos palácios de Brasília, Niemeyer procurou um apuro tecnológico que o permitisse usar formas simples e puras, para isso teve como principal apoio a estrutura e seu grande parceiro, o engenheiro Joaquim Cardozo. Os projetos dos Palácios são caracterizados pela própria estrutura, em uma busca de soluções inovadoras, mas sempre dentro da lógica do sistema estático, buscando sempre o limite máximo da resistência dos materiais. Neste trabalho faz-se uma análise da relação da forma arquitetônica com os sistemas estruturais adotados analisando suas soluções técnicas, procurando evidenciar os elementos de criatividade do projetista para equilibrar a estrutura. Faz-se uma análise numérica qualitativa de diversas soluções estruturais através de ferramentas computacionais como SAP 200 e Ftool.

## 1 INTRODUÇÃO

As obras arquitetônicas de Oscar Niemeyer se destacam pelo arrojo das formas e a plasticidade escultural, dentre elas os edifícios públicos de Brasília, projetados em um período em que, segundo seu próprio depoimento, sua carreira passava por um processo de revisão, no qual se inicia uma “procura constante de concisão e pureza” (Niemeyer, 1958 *apud* Xavier, 1987). Com essa mudança, Oscar Niemeyer passa a produzir uma arquitetura cuja monumentalidade aparece na simplificação do número de elementos que cumprem de forma racional seu papel funcional, estabelecendo um “real comprometimento entre forma e estrutura” (Müller, 2003).

O arrojo das obras de Oscar Niemeyer não fica restrito à criatividade das formas e nos desenhos sutis de suas curvas. A arquitetura de Niemeyer significou grande avanço tecnológico estrutural, pois suas obras são, do ponto de vista da engenharia, sinônimo de audácia e novidade, e evidenciam resultados surpreendentes (Moreira, 2007).

Oscar Niemeyer diz que “a beleza deve prevalecer sobre a lógica” (Niemeyer, 2000). Essa afirmação pode caracterizar um desafio para a engenharia estrutural, porém segundo o engenheiro João Del Nero “a engenharia estrutural tem uma liberdade de criação que se assemelha à Arquitetura” (Sabbag, 1987).

Essa semelhança não está tão evidente no dia-a-dia das duas profissões, é comum a crença de que engenheiros não se interessam por arquitetura e produzem obras sem qualquer atrativo visual, da mesma forma que se ouve que arquitetos não compreendem o funcionamento estrutural daquilo que imaginam (Lopes, Bogéa e Rebello, 2006).

A técnica construtiva e a arquitetura na obra de Niemeyer evoluíram lado a lado, cada forma inovadora gerou mais um desafio estrutural a ser vencido. Porém, o destaque da beleza da arquitetura sobre a técnica e a estrutura utilizada para sustentá-la é refletida na produção de trabalhos técnicos e acadêmicos sobre o tema. Muito se desenvolveu em torno dos marcos arquitetônicos criados pelo arquiteto, e poucos trabalhos foram desenvolvidos abordando os aspectos estruturais dessas edificações (Moreira, 2007).

O trabalho arquitetônico de Niemeyer em Brasília é descrito e estudado em diversas publicações nacionais e internacionais, porém poucos engenheiros escrevem sobre as realizações tecnológicas que acompanharam esse trabalho (Fonseca, Régis, 2007). Esse “desprezo” à história da Engenharia Estrutural de Brasília é questionado por Vasconcelos (1992), que destaca a obra da Capital como um acontecimento marcante na engenharia e na arquitetura mundial. A falta de estudos específicos ainda expõe outro problema, na medida que, boa parte das edificações de relevância histórica no país não apresenta registros adequados de sua concepção, cálculo e projeto estrutural.

A análise adequada das estruturas em obras exponenciais e inovadoras como as de Oscar Niemeyer pode consagrar a revolução teórica nas técnicas construtivas e de concepção estrutural que permitiram o avanço inovador dos conceitos da arquitetura.

Este artigo faz um recorte da obra de Oscar Niemeyer, destacando a influência do sistema estrutural nas obras de Brasília, uma das fases mais marcantes da carreira do arquiteto.

Ao longo de diversos livros sobre sua arquitetura, não raro Oscar Niemeyer cita com muito respeito e admiração seus parceiros e colaboradores calculistas, e entre eles Niemeyer destaca o engenheiro Joaquim Cardozo, responsável pelas estruturas das obras analisadas nesse trabalho.

Joaquim Cardozo, o engenheiro da poesia, como era conhecido, foi um homem muito culto. Foi o grande aliado de Niemeyer nas obras de Brasília, responsável pelos cálculos de todos os edifícios da capital, como a Catedral, a Igreja Nossa Senhora de Fátima e os palácios.

## 2 O ARQUITETO OSCAR NIEMEYER



Figura 1: Oscar Niemeyer, em 1960. Foto de Rene Burri, fonte: Faria, 2007, pag. 48

Oscar Ribeiro de Almeida de Niemeyer Soares viveu grande parte de sua vida na cidade do Rio de Janeiro/RJ, onde nasceu em 1907. Segundo seu próprio relato, começou a desenhar na época do colégio à Rua das Laranjeiras, e seus desenhos eram bules, xícaras e estatuetas, que a sua mãe guardava (Niemeyer, 2000).

Em 1930 ingressou na Escola Nacional de Belas Artes, onde fez amigos como Hélio Uchoa, João Cavalcanti e Fernando Saturnino de Brito (Niemeyer, 2000).

No terceiro ano da faculdade decidiu trabalhar de graça no escritório de Lúcio Costa e Carlos Leão, afirmando que “da arquitetura só me deram bons exemplos” (Niemeyer, 2000, pag. 43). Terminou a faculdade em primeiro lugar, ainda trabalhando no escritório.

A relação com a estrutura sempre marcou o trabalho de Niemeyer, que sempre exigiu muito de seus calculistas, desenvolvendo a cada projeto novas formas para a estrutura (Ohtake, 1987).

Sua trajetória profissional pode ser dividida em cinco fases: formação profissional; de Pampulha a Brasília; Brasília; projetos no exterior (décadas de 1960 a 1980) e últimos projetos.

A primeira fase é a de formação profissional, como estagiário não remunerado no escritório de Lúcio Costa, conforme citado anteriormente, onde teve a oportunidade de participar de forma decisiva na equipe responsável pelo projeto do Ministério da Educação no Rio de Janeiro em 1935. A obra, considerada o primeiro grande monumento do modernismo na América do Sul, teve a importante participação de Le Corbusier, como consultor de projeto, mas recebeu contribuições de Niemeyer, que já se destacava na equipe de Lúcio Costa (Underwood, 2003).

O projeto do edifício, hoje conhecido como Palácio Gustavo Capanema, leva em conta os cinco pontos da arquitetura moderna, propostos por Le Corbusier, mas sem perder as características dos arquitetos brasileiros que trabalharam no projeto. O edifício possui um bloco simples, de orientação uniforme das salas, simplicidade e clareza na disposição interna, seu bloco principal está suspenso sobre pilotis e possui uma estrutura portante que libera as paredes de qualquer função de sustentação, além de possuir a fachada de vidro (Castro, 2009).

Iniciando a segunda fase Juscelino Kubitschek - JK, prefeito de Belo Horizonte na época,

convocou Niemeyer para criar um bairro de lazer na Pampulha, que incluísse cassino, clube, igreja e restaurante (Niemeyer, 2000).

Sua primeira obra individual de renome internacional, o conjunto da Pampulha em Belo Horizonte se destaca como uma ruptura com o formalismo estrutural vigente na época, em suas próprias palavras:

Foi importante porque é um dos primeiros trabalhos que fiz. Com ele, contestei a linha racionalista, a Arquitetura feita com régua e esquadro. E eu queria – naquela época eu mal saía da Escola – mostrar que a Arquitetura pode ser diferente, pode ser mais livre, adaptar-se a tudo que o concreto nos oferece... (Niemeyer apud Wolf, 1987).



Figura 2: Igreja São Francisco de Assis na Pampulha, Belo Horizonte-MG. Foto do autor.

Obra diferenciada de outras da época que, segundo Katinsky (1987), a Pampulha sintetiza toda sua arquitetura, através da criatividade, da necessidade de contestação e desafio, quebra a rigidez do racionalismo com a introdução da curva (Katinsky apud Sabbag, 1987).

O projeto me interessava vivamente. Era a oportunidade de contestar a monotonia que cercava a arquitetura contemporânea, a onda de um funcionalismo mal compreendido que a castrava, dos dogmas de “forma e função” que surgiam, contrariando a liberdade plástica que o concreto armado permitia. (Niemeyer, 2000, pag. 94).

Para atingir essa ruptura, Niemeyer se valeu da tecnologia do concreto armado, utilizando-a de forma criativa e inovadora; ele mesmo dizia que na época “o concreto armado permitia coisas que não estavam sendo feitas” (Niemeyer apud Wolf, 1987).

Durante o período de dez anos após Pampulha, de 1943 a 1953, Niemeyer consolida o estilo ousado que deu certo na capital mineira. Em projetos como a Casa de Canoas e o Parque do Ibirapuera, o arquiteto combina invenção e função através de uma liberdade formal conseguida com novas técnicas de engenharia e com o concreto armado (Faria 2007).

Esse período em sua obra é marcado por diversas experiências estruturais que se tornaram marcas do arquiteto. Novas formas de pilotis para reduzir o número de apoios no térreo, pilares em “V”, em “W”, “em forma de um ramo nascido de um tronco. E cada vez mais esbeltos e audaciosos” (Sabbag, 1987).

Após Pampulha, Niemeyer tornou-se o arquiteto preferido de Juscelino Kubitschek, o que lhe rendeu diversas obras como a casa das Mangabeiras, onde JK morou, o colégio estadual, o Banco da Produção em Juiz de Fora e, em Diamantina, o Banco do Brasil, o clube, a escola e o hotel (Niemeyer, 2000). Quando é eleito presidente, JK o convida a ajudar a projetar a nova capital.

A fase que mais expõe a importância da estrutura em seu trabalho é a fase de Brasília

(terceira fase). Nos edifícios monumentais da Capital a utilização do potencial técnico do concreto armado permite a criação de grandes edifícios que pousam levemente sobre o solo.



Figura 3: Palácio do Planalto em Brasília. Foto de Bernie DeChant, fonte: Faria, 2007, pag. 21

A unidade de pensamento entre os técnicos do concreto armado e o arquiteto foi fundamental para o sucesso dos projetos e para a integração da equipe, inclusive do Engenheiro Joaquim Cardoso. A leveza arquitetural e a proposta de buscar a beleza e não somente solucionar os aspectos funcionais, criando espaços amplos e flexíveis, levou o arquiteto e o calculista a intervirem nos sistemas estruturais, fazendo com que muitas vezes tal sistema definisse e caracterizasse a arquitetura. (Moreira, 2007).

No projeto da Catedral de Brasília, Oscar Niemeyer utilizou a solução técnica como principal elemento arquitetônico. “Plasticamente livre e tecnicamente ousada”, essa solução sintetiza a grandiosidade e o simbolismo que pede a função social de uma catedral, além de cumprir ainda outra função, muito evidente nas grandes catedrais do mundo, de expressar o potencial tecnológico de uma época (Müller, 2003).

Esse período inclui também projetos como o da Universidade de Brasília, que apresentam um grande amadurecimento, um conceito evolutivo de urbanismo. Além disso, tecnicamente a construção do edifício do Instituto Central de Ciências “foi considerada um grande canteiro de experimentação da tecnologia do pré-moldado” (Moreira, 2007).

Na continuidade de seu trabalho ao longo dos anos, Niemeyer continua exigindo da técnica e utilizando diretamente as soluções estruturais inovadoras, como em seus projetos realizados no exterior nas décadas de 60, 70 e 80, criando estruturas pra vencer grandes vãos e formas cada vez mais livres (Ohtake, 1987). Nesse período (quarta fase), Oscar Niemeyer concretiza seus projetos mais arrojados, que testam os limites da tecnologia do concreto armado em balanços gigantescos e colunas cada vez mais esbeltas (Sabbag, 1987).

Nessa fase Niemeyer projeta na Argélia a Universidade de Constantine, 1969, com seis blocos que substituem os vinte e três sugeridos no programa. Entre esses blocos está o Edifício de Classes, com 300 metros de comprimento e uma parede/viga de 50 metros de vão, com 25 metros de balanço, que os engenheiros locais queriam que tivesse 1,5m de espessura. Bruno Contarini, engenheiro responsável pelo cálculo estrutural do edifício fez a mesma viga com 30 centímetros, “mais um recorde mundial” disse ele ao arquiteto (Niemeyer, 2000).

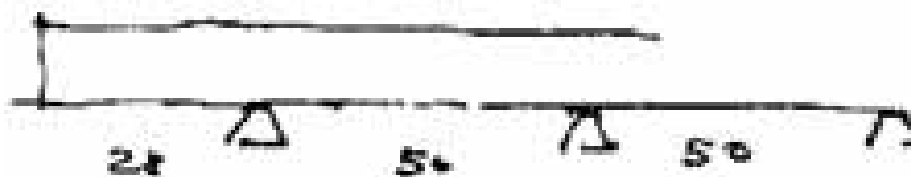


Figura 4: Croqui de Oscar Niemeyer para o Edifício de Classes – Universidade de Constantine, na Argélia.

Esse episódio serve para ilustrar como os profissionais brasileiros estavam à frente de seu tempo. Não só na arquitetura, bela e monumental, mas na tecnologia e na técnica para torná-la viável. Nesse período, Niemeyer rodou o mundo, principalmente a Europa, mostrando o que o Brasil estava fazendo na área da construção civil (Niemeyer 2007, no filme “Oscar Niemeyer, A Vida é Um Sopro”).

Outro importante momento dessa fase foi a construção da sede da empresa Fata Engineering em Turim, Itália. O engenheiro italiano responsável pelo projeto estrutural, Ricardo Morandi, declarou: “Foi a primeira obra de engenharia civil que me obrigou a recorrer a tudo que sabia sobre o concreto armado” (MORANDI apud Niemeyer, 2000). Isso mostra como a inventividade do trabalho de Niemeyer contribui para a evolução da técnica construtiva (Niemeyer, 2000).

Retornando ao Brasil em 1974, Niemeyer se ocupa de projetos como o Sambódromo do Rio de Janeiro e os CIEPs – Centros Integrados de Educação Permanente, também no Rio de Janeiro. Essas obras são caracterizadas pelo sistema construtivo pré-fabricado, que permitia execuções muito rápidas. Foram mais de 500 centros implantados em todo o Estado (Othake, 2007).

Em 1988, Niemeyer recebe nos Estados Unidos, o Prêmio Pritzker de Arquitetura, pelo grande conjunto de obras que realizou e pela sua excepcional contribuição à arquitetura.

Dada a longevidade do arquiteto, a continuidade e a qualidade de seu trabalho, mesmo com a idade muito avançada, podemos acrescentar aqui mais uma fase na extensa carreira de Niemeyer. São os projetos feitos por Niemeyer depois de completar 85 anos de idade. Esses projetos são, em sua maioria, trabalhos isolados, programas que exigem um único bloco, como auditórios, teatros e equipamentos culturais (Othake, 2007).

Nessa última fase os projetos contaram com a parceria do engenheiro calculista José Carlos Sussekind, com quem já trabalhava desde a década de 80 e que o acompanha até hoje em seus mais recentes projetos. Estão nessa fase projetos marcantes, que para um profissional comum, cada um deles seria um projeto de uma vida, e que para Niemeyer são desafios de inovação e reinvenção de novas soluções e novas formas arquitetônicas.

Na Procuradoria Geral da República, em Brasília, Oscar Niemeyer surpreende com dois volumes envidraçados, dos quais um deles está apoiado em um único ponto central, que também comporta a circulação vertical. No Museu Nacional, também em Brasília, o arquiteto reinventa a cúpula de concreto, explorando o sistema construtivo com um grande vão e rampas apoiadas apenas na parede da cúpula e um mezanino pendurado nela.

Assim, Oscar Niemeyer, hoje próximo de completar impressionantes 103 anos de vida, continua produzindo uma arquitetura coerente com os conceitos criados e demonstrados por ele durante toda sua carreira. E ainda se mostra capaz de inventar novas forma e soluções arquitetônicas com um entusiasmo renovador (Othake, 2007).

### 3 O ENGENHEIRO JOAQUIM CARDOZO

Joaquim Cardozo foi um homem muito culto, segundo Oscar Niemeyer, o homem mais culto que já conheceu (Niemeyer, 2000). Foi poeta, escritor, engenheiro, caricaturista,

topógrafo, professor, teórico de arquitetura e calculista de estruturas. Estas são as várias facetas de Joaquim Cardozo, homem de suma importância para a viabilização de várias obras do arquiteto Oscar Niemeyer desde 1941, com o projeto do Conjunto da Pampulha em Belo Horizonte, considerado um marco na Arquitetura Modernista Brasileira. Participou também do projeto dos principais palácios e edifícios monumentais de Brasília, como os Palácios da Alvorada, do Planalto, a Catedral e o Congresso Nacional.

Conhecido como o Engenheiro da Poesia, Joaquim Cardozo é considerado um dos pioneiros do movimento moderno da arquitetura brasileira por integrar, sob a chefia do arquiteto Luis Nunes a equipe da Diretoria de Arquitetura e Urbanismo (DAU) em Pernambuco de 1934 a 1937, uma das primeiras iniciativas organizadas de difusão do movimento modernista na Arquitetura e construção (Santana, 1998).

Em 1915, ingressa na Escola Livre de Engenharia de Pernambuco, curso que interrompeu em 1919 para servir o exército e só seria retomado em 1927, para completá-lo quinze anos depois, em 1930, conforme aponta Maria da Paz Ribeiro Dantas na biografia do engenheiro (Dantas, 2004).

A carreira de engenheiro calculista de Joaquim Cardozo pode ser dividida em três momentos. O primeiro episódio é o movimento encabeçado pelo arquiteto Luis Nunes em Recife entre 1934 e 1937. Nessa mesma época é construído o Edifício Gustavo Capanema, então sede do Ministério da Educação e Saúde no Rio de Janeiro, marco de partida da arquitetura moderna brasileira (Cardozo, sd.).

Luis Nunes, arquiteto formado na Escola de Belas Artes do Rio de Janeiro, na qual, com fortes influências de Lúcio Costa, tornou-se “um dos mais ardorosos partidários do novo estilo” (Cardozo, 1965) e em 1934 leva toda essa influência para Recife, onde com apoio político consegue fundar a DAC, Diretoria de Arquitetura e Construção, que durante um ano foi responsável por projetar, construir e fiscalizar todas as obras públicas do estado de Pernambuco. Faziam também parte dessa equipe o paisagista Roberto Burle Marx, além de outros arquitetos, engenheiros e estudantes (Santana, 1998). Mais tarde essa diretoria sofreu algumas mudanças e sua responsabilidade foi ampliada, tornando-se Diretoria de Arquitetura e Urbanismo (DAU). Entre esses projetos da DAU se destacam: Pavilhão Luiz Nunes de 1937 (antigo Pavilhão de Verificação de Óbitos, atual sede do IAB-PE), a Caixa D’água de Olinda de 1937, a Escola Rural Alberto Torres, construída em 1935 e 36.

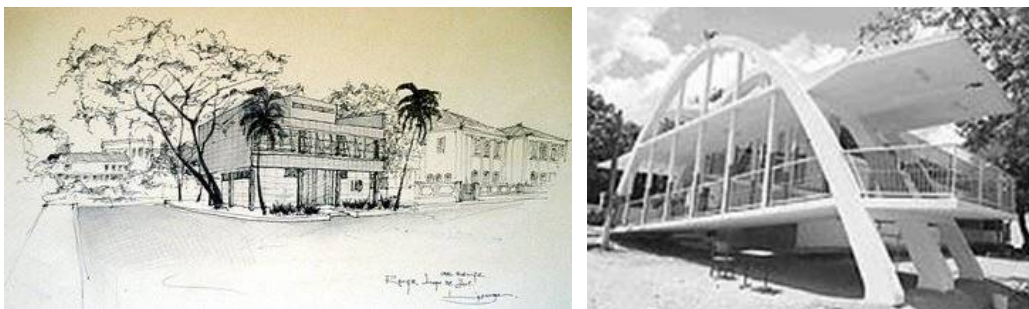


Figura 5: Croqui do Pavilhão Luiz Nunes e Rampa de acesso da Escola Rural Alberto Torres - Recife (PE).

Para Cardozo, os edifícios construídos por essa Diretoria entre 1935 e 1937, ano em que o Golpe de Estado de 10 de Novembro praticamente encerrou suas atividades, apresenta uma “generalização de idéia de ordem e de unidade” que caracterizam o movimento moderno na arquitetura, cuja “força e capacidade de execução” representam uma linguagem brasileira (Cardozo, 1965).

O segundo momento é o “Episódio da Pampulha”, quando Niemeyer o convida para fazer

o cálculo estrutural dos edifícios do projeto do Conjunto da Pampulha, construído às margens deste lago em Belo Horizonte a pedido de Juscelino Kubitschek, então prefeito da cidade.

O conjunto é formado pelo Cassino, a Casa de Baile, o Iate Clube e a Igreja de São Francisco; havia também o projeto de um hotel, que não foi construído. Esse projeto ocorreu no período entre 1941 e 1945 e teve a participação decisiva de Joaquim Cardozo que, integrado ao projeto desde o início por Niemeyer, acompanhou com sensibilidade o arrojo estrutural das novas formas propostas pelo arquiteto, criando novos detalhes construtivos para dar vida às formas livres, tão diferentes da rigidez que se via na época (Santana, 1998).



Figura 6: Casa do Baile. 1943-48 e Antigo cassino, 1950, atual Museu de Arte da Pampulha (Conjunto da Pampulha). Fonte: CPDOC FGV

Uma das características desse projeto que o torna mais um marco na história da arquitetura moderna brasileira e na carreira de Joaquim Cardozo e Oscar Niemeyer é o fato de sua forma ser totalmente fiel à estrutura que a suporta, “a realidade do equilíbrio é perfeitamente sensível, compreensível pelo menos, impondo-se sem qualquer efeito ilusório ou misterioso a relação entre carga e suporte.” (Cardozo, 1955 appud Santana, 1998). Na arquitetura que surgia, amparada no talento inventivo de Joaquim Cardozo, Niemeyer pode explorar sua criatividade e criar formas puras, livres, onde a estrutura já exhibe a arquitetura, sem a necessidade e os excessos dos elementos decorativos, sendo que a beleza surge do equilíbrio estrutural da forma.

O terceiro momento, em que a carreira de Joaquim Cardozo se mistura com a história da Arquitetura Moderna Brasileira, é o período entre 1956 e 1964, época da construção de Brasília, quando Cardozo é integrado à equipe da Novacap por Niemeyer como diretor da Seção de Cálculo Estrutural e é o responsável pelos projetos estruturais dos principais edifícios da nova capital nacional.

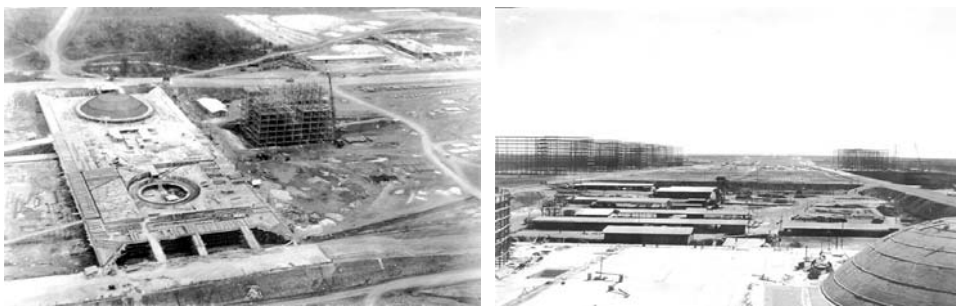


Figura 7: Fotos da Construção de Brasília. Fonte: Arquivo Público do DF

Esse período na carreira do engenheiro é marcado pelos maiores desafios estruturais, como nos projetos da Catedral de Brasília e da Cúpula da Câmara dos Deputados, que além de



cálculos extremamente complexos e sem referências na arquitetura vigente tinham prazos mínimos para serem resolvidos, sendo necessárias investigações imediatas e as vezes até antecipadas (Santana, 1998).

Os projetos de Brasília trouxeram desafios e exigiram que Joaquim Cardozo trabalhasse, quase que ao mesmo tempo, com problemas e soluções estruturais inovadoras. Como os “verdadeiros arcobotantes, não mais como abóbodas, mas escorando-se entre si” da Catedral, ou “uma casca limitada pela superfície de uma zona de elipsóide de revolução, abaixo do equador” da cúpula da Câmara dos Deputados” (Cardozo, sd.). Já nos outros palácios, os desafios eram os reduzidos pontos de apoio das colunas e a esbeltez dos perfis e das grandes e finas lajes desenhadas por Niemeyer.

Joaquim Cardozo é responsável por uma verdadeira revolução técnica na engenharia brasileira, estimulado e inspirado pelos projetos de grandes arquitetos com quem trabalhou durante toda sua carreira.

#### **4 SISTEMAS ESTRUTURAIS NA ARQUITETURA DE OSCAR NIEMEYER EM BRASÍLIA**

Na arquitetura de Oscar Niemeyer é evidente a presença marcante do Sistema Estrutural na definição da forma e assim no resultado plástico da obra construída. Niemeyer gosta de valorizar o trabalho do engenheiro, no documentário “A Vida é um Sopro” de Fabiano Maciel ele mesmo diz:

Eu valorizei o trabalho do engenheiro. E lá em Brasília, quando uma estrutura se concluía a arquitetura já estava presente. (...) Arquitetura e Estrutura como coisas que nascem juntas e juntas devem se enriquecer. (Oscar Niemeyer, no filme “Oscar Niemeyer, A Vida é um Sopro”, Direção: Maciel, Fabiano – Europa Filmes, 2007)

Nos palácios de Brasília, Niemeyer procurou um apuro tecnológico que o permitisse usar formas simples e puras, para isso teve como principal apoio a estrutura e seu grande parceiro, o engenheiro Joaquim Cardozo. Os projetos dos Palácios são caracterizados pela própria estrutura, em uma busca de soluções inovadoras, mas sempre dentro da lógica do sistema estático, buscando sempre o limite máximo da resistência dos materiais (Porto, 2007).

##### **4.1 Palácio da Alvorada – 1956-1957**

O primeiro palácio a ser construído em Brasília foi o Palácio da Alvorada, em 1956, antes mesmo de aprovado o Plano Piloto de Lúcio Costa. Esse palácio foi também o primeiro edifício definitivo construído em Brasília.

No projeto do palácio destaca-se a forma dos apoios dos pilares, que parecem apenas tocar levemente o solo. Esses pilares externos têm um desenho característico, conseguido através da genialidade de Joaquim Cardozo que, para aliviar as cargas incidentes nas colunas, criou apoios internos que recebem a maior parte das cargas. Além disso, a laje da cobertura não é contínua no trecho da varanda e sua espessura diminui até encontrar os pilares, artifício que diminui ainda mais a carga transferida para as colunas da fachada (Porto, 2007).

Na Figura 8 são mostrados três cortes transversais do palácio, onde podemos notar a presença dos pilares internos e as lajes, do corpo central, mais robusta e da varanda externa, mais leve e em curva, diminuindo em direção aos pilares externos que suportam apenas as cargas dessa laje e da laje de piso da varanda (Vasconcelos, 1992).

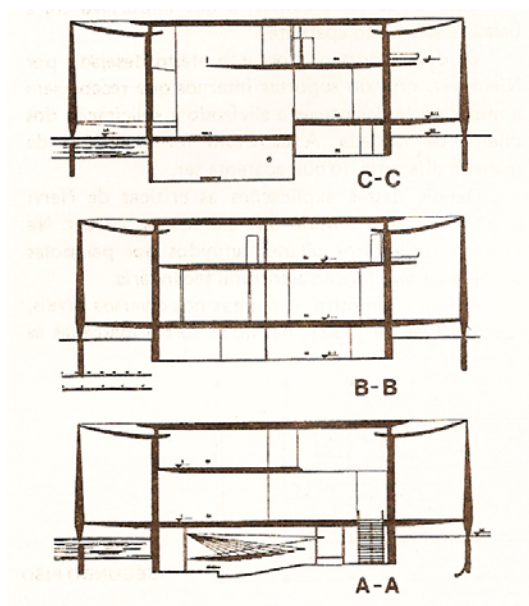


Figura 8: Cortes transversais do Palácio da Alvorada. Fonte: Vaconcelos, 1992 (Volume I), pág. 88.

Cardozo também “escondeu” os apoios no volume principal. Essa caixa de vidro, que parece flutuar no espelho d’água está fortemente apoiada em uma sólida base que é escondida pela escultural colunata. Essa colunata, na realidade, é, segundo Underwood, 2003: “uma arcada parabólica invertida, suportadas por arcos saídos de baixo, que mal tocam o solo” (Underwood, 2003, p. 84). Além disso, para dar a sensação de que os pilares estão “pousados” sobre o solo Joaquim Cardozo recuou do alinhamento da fachada os verdadeiros apoios das colunas, esses apoios foram soterrados após o aterro final, mas podem ser observados na figura 9 (Vasconcelos, 1992).

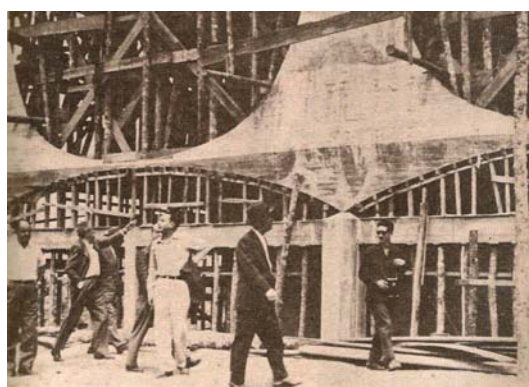


Figura 9: Foto da construção em que aparecem os apoios dos pilares do Palácio da Alvorada antes de serem aterrados. Fonte: Vaconcelos, 1992 (Volume I), pág. 89.

Soluções similares, de diminuir a espessura da laje de cobertura na região mais próxima à borda e distribuir a maior parte da carga em pilares internos para priorizar a estética da fachada, foram utilizadas nos projetos do Palácio do Planalto e do edifício do Supremo Tribunal Federal, ambos de 1958.



Figura 10: Palácio da Alvorada, Brasília 1957. Foto : Marcel Gautherot. Fonte: UNDERWOOD. 2003 p. 86.

## 4.2 Catedral Metropolitana de Brasília – 1959

Entre as obras de Oscar Niemeyer, a Catedral de Brasília se destaca por ter uma estrutura inovadora e ousada totalmente aparente na obra terminada. A estrutura da Catedral foi responsável por valorizar o trabalho dos profissionais brasileiros no cenário mundial, afirmando a competência dos engenheiros da época (Pessoa, 2002).

A Catedral de Brasília foi construída em duas fases. Na primeira fase, em 1959, foi erguida a estrutura principal, formada por 16 pilares curvos e uma laje de cobertura situada abaixo do topo dos pilares. Esses pilares, em um primeiro projeto seriam 21, e foram reduzidos por motivos estéticos. Na segunda fase, entre 1979 e 1970, foi concluída a obra com a execução do batistério, do espelho d'água, do campanário e os acabamentos na nave principal – rampa, vitrais, sacristia.

A simplicidade do programa arquitetônico e da planta baixa do conjunto contrasta com a complexa solução estrutural adotada. Apesar do interior todo revestido em mármore e das três esculturas de Alfredo Ceschiatti, os Anjos pendurados no teto como se pairassem sobre os visitantes, o grande destaque na Catedral é sua estrutura. O acesso á nave principal é feito através de uma rampa que leva até o subsolo, deixando no nível da rua apenas a cobertura, destacada de qualquer outro elemento.



Figura 11: Estrutura dos pilares e detalhe da construção do anel de tração na base da Catedral de Brasília, 1959  
Fonte: Arquivo Público do DF

O projeto estrutural da Catedral consiste nos 16 pilares distribuídos em uma circunferência de 60 metros de diâmetro. Esses pilares unidos tomam a forma de um parabolóide hiperbólico e são sustentados por dois anéis de concreto armado. O primeiro contorna toda a base da estrutura e funciona como um tirante, sob tração, absorvendo todos os esforços horizontais

gerados pelas 16 colunas. O segundo anel, de compressão, passa por dentro dos pilares no ponto onde esses se encontram, portanto não é aparente na estrutura. A função desse anel de compressão é impedir que as colunas se fechem. A laje de cobertura não tem função estrutural, servindo apenas como vedação (Pessoa, 2002).

Segundo Carlos Magalhães, arquiteto responsável técnico da obra, então funcionário da Novacap, em depoimentos escritos em 2001, entre pilares e o anel inferior de tração existem placas de neoprene de 2,5cm de espessura (Pessoa, 2002). Esse detalhe faz com que a junção dos pilares com a fundação seja rótula, transferindo para as fundações apenas esforços verticais.

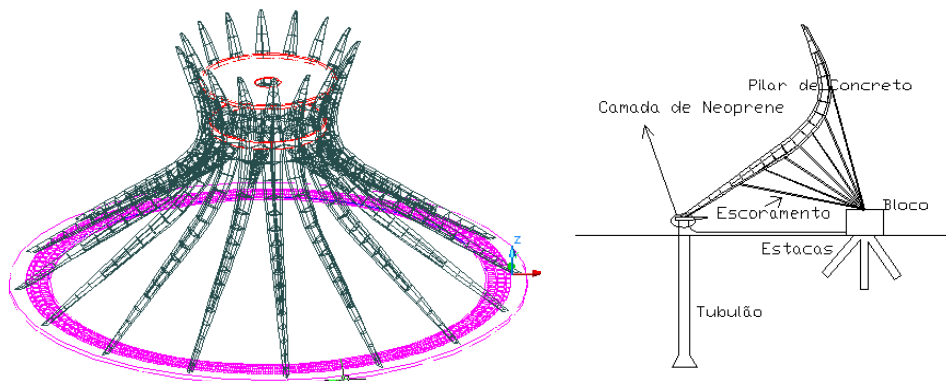


Figura 12: Estrutura da Catedral de Brasília. Programa AutoCAD e estruturas de escoramento dos pilares por Carlos Magalhães, 2001. Fonte: Pessoa, 2002

Para a execução da estrutura as formas dos pilares foram construídas no próprio canteiro, com o auxílio de desenhos em escala real, pois a secção dos pilares varia ao longo de todo seu comprimento e ainda possuem “caixões perdidos” em sua secção para que a proporção dos pilares obedecesse o desenho do arquiteto, mantendo a estabilidade da estrutura, sem aumentar desnecessariamente o peso da peça. Além disso, para o escoramento das formas foram construídos 16 blocos de fundação e 80 estacas metálicas (conforme desenho na figura 12). Estas estacas foram cortadas no nível do piso inferior e ainda estão sob o solo (Pessoa, 2002).

Na figura 13 temos os diagramas de forças cortantes no eixo vertical Y e o diagrama de momentos fletores obtidos por Pessoa (2002) no programa SAP 2000. Nesses diagramas podemos notar que a variação do tamanho da secção dos pilares da Catedral acompanham o aumento dos esforços a que a estrutura é submetida.

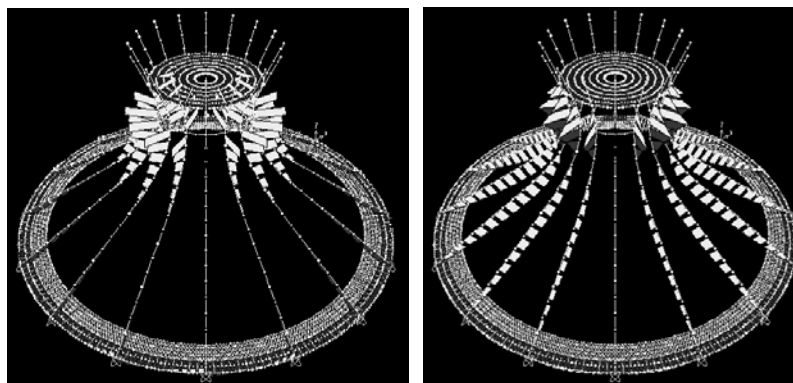


Figura 12: a. Diagrama de forças cortantes no eixo vertical Y. b. Momentos fletores máximos. Programa SAP 2000. Fonte: PESSOA, 2002

### 4.3 Sede do Touring Club – 1962

Um exemplo na arquitetura de Oscar Niemeyer, onde é possível destacar o desenho arquitetônico seguindo as linhas do sistema construtivo é o antigo Touring Club, em Brasília, projetado em 1962.

Situado no encontro do Eixo Monumental com o Eixo Rodoviário, local que, segundo o Plano Piloto de Lúcio Costa, era destinado a uma casa de Chá, foi projetado para abrigar, em seu pavimento térreo, serviços técnicos de assistência automobilística e, em seu pavimento superior, no nível do eixo rodoviário, um salão de exposições, auditório para 140 pessoas e gabinetes além de amplas varandas e ambientes de estar com visão privilegiada da esplanada dos ministérios (Fonseca, Roger, 2007).

Podemos observar nas figuras 14 e 15 como é clara a semelhança da forma arquitetônica da viga de cobertura do edifício com o seu gráfico de momento fletor, evidenciando o uso do amplo conhecimento do sistema estrutural para o resultado estético desejado.



Figura 13: Antigo Touring Club do Brasil, Brasília. Foto do Autor.

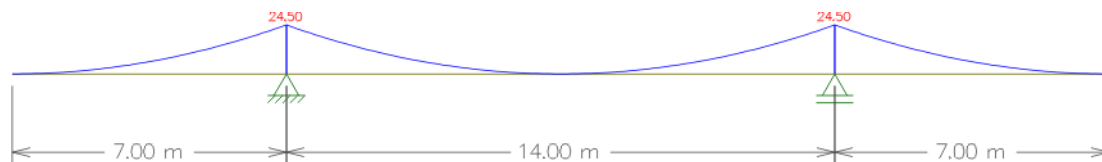


Figura 14: Diagrama de Momento Fletor da viga de cobertura do Touring Club do Brasil, Brasília. Desenho do autor. Programa FTOOL.

Um desenho de viga muito semelhante a esse já havia aparecido em outra obra de Niemeyer. A cobertura do anexo do Iate Clube de Pampulha em Belo Horizonte, de 1961 apresenta uma situação semelhante, porém nesse caso os balanços não são simétricos. Isso gera uma mudança no diagrama de momento fletor, que apresenta um momento fletor negativo maior no apoio próximo ao maior balanço (Figura 16). Essa diferença no desenho do gráfico de momento fletor foi repetida pelo arquiteto na forma das vigas (Figura 17).

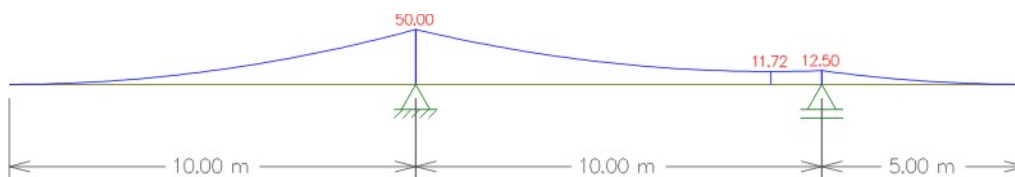


Figura 16: Diagrama de Momento Fletor de uma viga bi-apoiada com balanços não simétricos. Desenho do autor. Programa FTOOL.



Figura 15: Anexo do Iate Clube Pampulha. Fonte: FONSECA, Roger, 2007, p. 79.

#### 4.4 Instituto Central de Ciências (ICC) da UnB – 1962-1975

O campus da Universidade de Brasília foi inaugurado em 21 de Abril de 1962, data em que a capital celebrava o seu segundo aniversário, mas sua fundação a é datada pela lei de criação da Universidade de Brasília (Lei nº 3998 de 15 de Dezembro de 1961, complementada pelo decreto nº 500 de 15 de Janeiro de 1962, aprovando o estatuto da Fundação Universidade de Brasília) (Fonseca, Regis, 2007).

O plano de urbanização da UnB, realizado por Oscar Niemeyer em 1962, então chefe do CEPLAN – Centro de Planejamento da UnB, traz a unificação das oito unidades acadêmicas propostas por Lúcio Costa em um único edifício, o Instituto Central de Ciências (ICC). Além disso, esse plano contempla uma grande praça, denominada Praça Maior. Nessa praça estariam localizados a Reitoria, a Biblioteca, um museu (Museu da Civilização Brasileira) e o Auditório de Aulas Magnas.

Desse conjunto foram construídos: o ICC, entre 1962 e 1975; a Biblioteca Central, entre 1970 e 1973; a Reitoria, entre 1972 e 1975 e a área residencial da Colina em 1963, além do Centro Esportivo, de 1969 a 1972, que foi transferido para as proximidades do setor de clubes pelo plano de Niemeyer (Fonseca, Regis, 2007).

Talvez a maior contribuição do arquiteto para a Universidade de Brasília, a Praça Maior não saiu do papel. Recentemente, em novembro de 2009, foram publicados vários desenhos, estudos e croquis de Oscar Niemeyer para essa praça, pela revista Darcy (revista de jornalismo científico e cultural da Universidade de Brasília). Essa coleção de croquis e estudos mostra como a idéia da praça, a volumetria e a forma de seus edifícios evoluíram na idéia de Niemeyer (Campos, 2009).

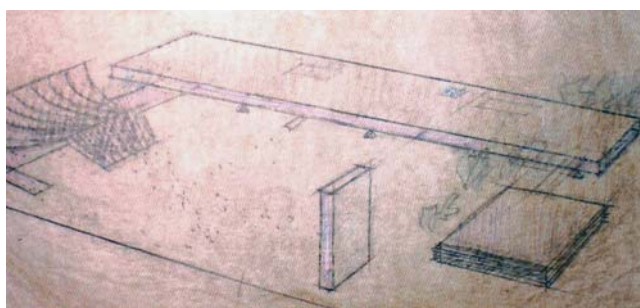


Figura 16: Desenhos de Oscar Niemeyer para a Praça Maior da UnB. Fonte: Revista Darcy, nº 3 - Nov. e Dez. de 2009, pp. 56-61.

O Edifício do ICC, construído entre 1962 e 1975, é um edifício de cerca de 720 metros de extensão com duas alas paralelas afastadas 16,50 metros, formando uma grande praça ao

longo de todo o edifício. As duas alas formam os blocos A e B. O bloco A, corresponde à ala dos laboratórios e possui 29,60 metros de largura. Já o bloco B corresponde à ala dos auditórios e possui 26,65 metros de largura. No projeto original esse espaço entre as alas teria coberturas de cascas de concreto de diversos formatos, coberturas estas que não foram construídas (Moreira, 2007).

Além disso, também não foram construídos dois auditórios para quinhentas pessoas, devido ao aumento da ocupação do subsolo e da criação de uma rua interna que percorre todo o prédio. Outra mudança no projeto original ocorreu na sua ocupação. Na idéia do arquiteto essa seria feita de forma transversal, ou seja, cada faculdade contaria com um trecho do bloco de auditórios e outro do bloco de laboratórios. Porém, com a ocupação sendo feita de maneira longitudinal os espaços destinados aos auditórios são utilizadas como salas de aula (Fonseca, Regis, 2007).



Figura 17: Imagem de satélite do ICC. Fonte: MOREIRA, 2007, p. 23.

A estrutura do ICC é constituída por 4 linhas de pilares pré-moldados de 0,20x1,50 metros espaçados a cada três metros e com 10 metros de altura. Esses pilares foram moldados com esperas, encaixes que receberiam as vigas do piso térreo e dos mezaninos e foram por sua vez apoiados nas sapatas a través de encaixes previstos nas mesmas.



Figura 20: Montagem das vigas pré-moldadas da cobertura do ICC. Fonte: FONSECA, Regis, 2007, p. 6.

Apesar de não possuir um desenho arquitetônico tão ousado quanto aos outros edifícios construídos em Brasília na mesma época, o Instituto Central de Ciências é de grande importância para o avanço técnico da engenharia, pois foi um grande canteiro experimental da tecnologia do pré-moldado, sendo considerado um marco desse segmento no Brasil (Moreira, 2007).

#### 4.5 Palácio do Itamarati – 1963-1970

Construído no período entre 1963 e 1970, tendo sofrido diversas paralisações em sua obra, o Palácio do Itamaraty foi inaugurado em 21 de Abril de 1970 com a realização da primeira solenidade de formatura de diplomatas. O conjunto, compreendido por três edifícios abriga o Ministério das Relações Exteriores em uma área construída de aproximadamente 75 mil metros quadrados. O Palácio do Itamarati é um desses prédios e possui, em planta, uma forma quadrada de 84 metros de lado, com uma altura de 17, 56 metros, sendo 4,27 no subsolo (Santos, 2007).



Figura 21: Fachada do Palácio do Itamaraty, Brasília. Foto do autor.

No volume do edifício do palácio se destaca as suas quatro fachadas monumentais, formadas cada uma por 15 pilares separados por um vão de 6 metros. Unindo os pilares no topo temos arcos ligados à cobertura. Essas fachadas envolvem uma fachada interna de vidro que aparenta ter uma estrutura totalmente independente da cobertura. Os pilares têm uma secção trapezoidal, com a parte mais fina virada pra parte exterior do prédio o que confere mais leveza a fachada.

As vigas internas do edifício possuem altura máxima de 1,20 metros – definida pela arquitetura e vãos livres de 36 metros. O que exigiu do calculista, o engenheiro Joaquim Cardozo, soluções arrojadas, mesmo para os dias atuais, como a emenda dos ferros por solda e a adoção de contraflechas nas vigas, contrabalanceando as elevadas deformações na retirada dos escoramentos (Santos, 2007).



Figura 22: Jardim interno do Palácio do Itamaraty, Brasília. Foto do autor.

Na estrutura de cobertura foram concebidas vigas em dois sentidos. As vigas-faixas Norte-Sul têm secção com 4 metros de largura e 0,60 metros de altura, enquanto as vigas



transversais (Leste-Oeste) têm secção de 0,20m de largura por 1,20m de altura. Podemos notar pelo diagrama de momento fletor obtido por Santos (2007) através do programa SAP 2000 para as vigas na direção Leste-Oeste (Figura 23) os esforços estão concentrados nos pilares internos da estrutura, o que permite, a exemplo dos outros palácios, maior leveza nas colunas da fachada.

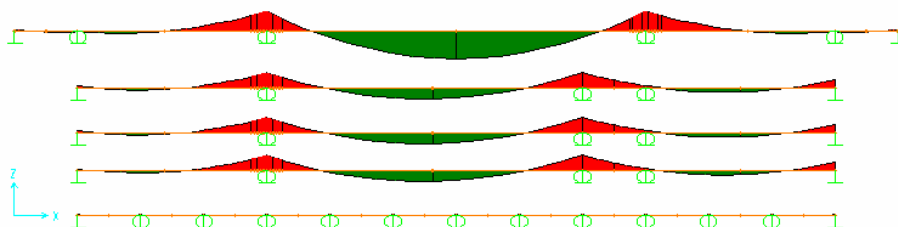


Figura 23: Diagrama de momentos fletores nas vigas no sentido Leste-Oeste do Palácio do Itamaraty. Fonte: Santos, 2007.

#### 4.6 Palácio da Justiça – 1962-1972



Figura 24: Fachada do Palácio da Justiça em Brasília. Foto do autor.

A pedra fundamental para a construção do Palácio da Justiça, primeira sede própria do Ministério da Justiça foi lançada em 5 de maio de 1962, porém sua construção só foi iniciada em 12 de outubro de 1965, com o início da execução das fundações. Durante esse período, entre o lançamento da pedra fundamental e o início da obra, muito pouco foi feito, como sondagem do terreno, montagem de canteiro e escavações.

A construção do palácio foi marcada por interrupções e correções no projeto, que geraram atrasos em sua conclusão. Entre essas correções estão duas importantes intervenções do arquiteto Oscar Niemeyer que, em 1985, anos após a inauguração do edifício, considerou que seu projeto não havia sido seguido na execução.

Uma delas foi a reformulação dos arcos da fachada principal, que haviam sido feitos como arcos plenos ao invés de semi-arcos. A segunda foi a retirada do revestimento de mármore nas colunas, deixando-as em concreto aparente (Viotti, 1985 *appud* Moreira, 2007).

O período em que a obra tomou mais corpo foi entre 1966 e 1969, quando foi erguida e estrutura de concreto armado pela construtora Civilsan (Moreira, 2007). A inauguração do Palácio da Justiça aconteceu finalmente em 3 de julho de 1972.

A exemplo dos outros palácios do Eixo Monumental projetados por Niemeyer, o Palácio da Justiça também possui um núcleo central envidraçado, este com cinco pavimentos e um subsolo. Esse núcleo foi construído primeiro, só depois foram erguidas as quatro fachadas e a cobertura da edificação.

Na fachada principal temos as seis famosas fontes projetadas em balanço por Niemeyer, que, de diferentes alturas, jogam a água para o espelho d'água do jardim em frente ao edifício, projetado pelo paisagista Roberto Burle Marx. Essa fachada é formada por 9 semi arcos que ligam pilares extremamente esbeltos, espaçados a cada 6,5 metros (Moreira, 2007).

A fachada oeste chama a atenção pelo “brise-soleil” formado por uma sequência de laminas de concreto que vão do chão ao topo do edifício. Essas lâminas possuem espessuras, angulações e vãos variáveis, o que dá a essa fachada um dinamismo e um movimento bem singular. Em contraste à fachada oeste, a fachada leste apresenta uma sequência de sete pilares esbeltos, espaçados a cada 13 metros, deixando o corpo interno nessa fachada bem exposto.

A fachada posterior do edifício permite uma comparação direta com a fachada principal. Nela os pilares estão dispostos da mesma forma que na primeira, mas encontram a cobertura em arcos plenos, ao invés dos semi-arcos e não possuem as fontes em balanço.

As quatro fachadas e a cobertura formam um envoltório retangular de 84 x 75 metros, protegendo o núcleo central quadrado de 61,1 metros de lado e formando assim um avarandado de 7 a 11 metros em torno de todo o edifício.

Internamente o que chama a atenção na arquitetura do Palácio da Justiça é o seu jardim interno. Situado no terceiro piso, com pé direito de 10,1 metros esse jardim, também projetado por Burle Marx, tem as vigas da cobertura formando um grande pergolado, com vão de 18 e 32m.

O projeto estrutural do palácio foi desenvolvido no Escritório Técnico Arthur Luiz Pitta – Etalp, em São Paulo. As lajes do núcleo do palácio foram projetadas como lajes nervuradas com vigas de 0,50 metros de altura e em alguns pontos específicos nas lajes foi necessário aplicar uma contraflecha de 3 centímetros.

No terceiro pavimento, pela presença do jardim interno foram necessárias transições na estrutura. Além disso, foi criada uma serie de pilares, espaçados a cada 45 centímetros, formando uma espécie de brise, que começa na viga-faixa do terceiro pavimento e vai até a cobertura, recebendo as vigas que formam o pergolado do jardim.

Na cobertura foram utilizadas vigas contínuas de 1,30 metros de altura no menor vão – 75,1 metros – com vãos variados que atingem 18 e 32 metros sobre o jardim interno e estão apoiadas em vigas-faixa com vão que chegam a 13 metros, de acordo com a distância entre os pilares onde estão apoiadas. Na cobertura existem contraflechas de até 5 centímetros (MOREIRA, 2007).

Os gráficos da figura 25 mostram o diagrama de deformações para as lajes do terceiro pavimento e da cobertura. Com esses gráficos podemos notar como as contraflechas foram utilizadas nos pontos mais críticos da estrutura.

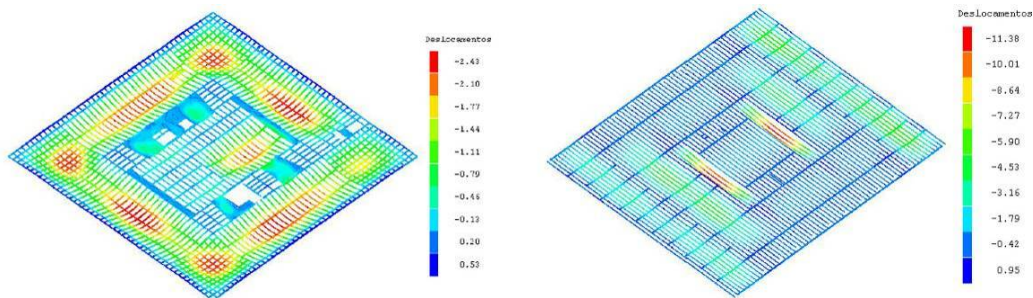


Figura 258: a. Gráfico de deslocamento da grelha laje do terceiro pavimento e b. gráfico de deslocamento da grelha da laje de cobertura do Palácio da Justiça. Programa CAD/TQS. Fonte: Moreira, 2007.

#### 4.7 Ponte Costa e Silva – 1967

Alguns anos depois, na ponte Costa e Silva em Brasília, de 1967, Niemeyer utilizou claramente seus conhecimentos sobre o sistema estrutural. O resultado da obra evidencia a proximidade da forma com a necessidade estrutural. Nesse projeto, Niemeyer sugeriu uma solução arquitetônica e estética com referência na arquitetura da cidade mas que estava em total harmonia com a solução estrutural. A ponte possui um vão central de 220 metros, associado a dois vão menores de 110 metros cada, uma solução estrutural – grande vão ladeado por vão menores – de total conhecimento do arquiteto, e pode ser notada em vários palácios de Brasília (Fonseca, Roger, 2007).

Na figura 27 temos o diagrama de momento fletor realizado por Fonseca, Roger (2007) seguido de uma ilustração do mesmo autor em que o mesmo gráfico aparece invertido. Essas ilustrações mostram como é evidente a relação do sistema estrutural adotado por Oscar Niemeyer com o resultado formal da Ponte Costa e Silva.



Figura 26: Vista aérea da Ponte Costa e Silva em Brasília. Foto de Augusto Areal. Fonte: Infobrasília.

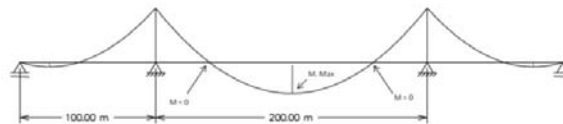


Figura 4.27 – Resultado do gráfico dos esforços de Momento Fletor realizado pelo autor. Fonte: FTOOL (MARTHA, 2002).

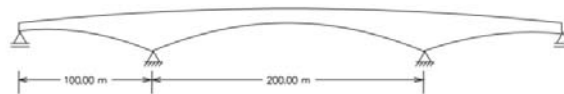


Figura 4.28 – Resultado formal obtido ao se inverter o gráfico de momento fletor, a forma arquitetônica tendo como referência a forma do gráfico de momento. Desenho realizado pelo autor. Fonte: (Photoshop, 2007).

Figura 27: Ilustrações com base no Gráfico de Momento Fletor para a Ponte Costa e Silva. Fonte: Fonseca, Roger, 2007, p. 105.

#### 4.8 A “Igrejinha” Nossa Senhora de Fátima – 1958

A “Igrejinha” Nossa Senhora de Fátima surgiu de uma promessa feita pela então primeira dama Sarah Kubitschek, pois a filha do casal Kubitschek sofria com uma doença rara que os médicos brasileiros não conseguiram controlar (Tamarimi, 1997). Ficou então prometido que a primeira igreja erguida na nova capital do Brasil seria consagrada a Nossa Senhora de Fátima e em 26 de Outubro de 1957 o presidente Juscelino Kubitschek lançou a pedra

fundamental para a construção da Igreja, que foi por ele inaugurada em 28 de Junho de 1958.

O local escolhido para a construção da igreja foi a porção mais central da Asa Sul do plano piloto, na entre-quadras 307/308 que, composta com as Superquadras 107,108, 307 e 308 formam uma célula de vizinhança proposta pelo projeto de Lúcio Costa.

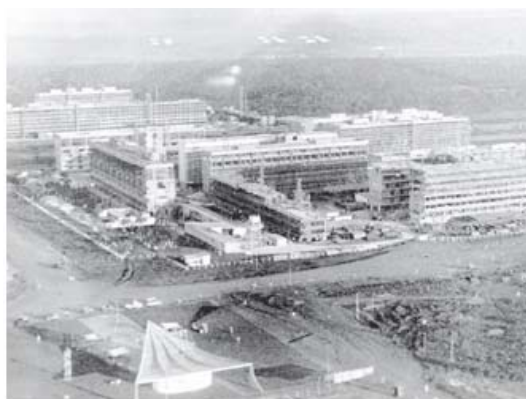


Figura 28: Imagem aérea da Igrejinha ainda em construção. Fonte: Tamarimi, 1997.

O desafio havia sido lançado, as necessidades e anseios para o projeto eram claros e o compromisso das maiores autoridades era total com o cumprimento da promessa da primeira dama, assim cabia então aos construtores de Brasília realizarem esse sonho. Foram convocados então os profissionais que se responsabilizariam pelo feito, em tempo recorde, dessa obra.

Oscar Niemeyer foi o arquiteto, e desenhou a igreja inspirado no formato dos chapéus de abas largas das freiras da Congregação das Irmãs Vicenta Maria (Leal, 2008); o projeto paisagístico da praça no entorno da Igreja ficou a cargo de Roberto Burle Marx, que criou ali uma verdadeira praça de bairro; os painéis das portas e o revestimento externo das paredes foi obra do artista plástico Athos Bulcão; os painéis e afrescos internos foram encomendados a Alfredo Volpi. Para o projeto estrutural, Oscar Niemeyer contou novamente com a ajuda do Engenheiro Joaquim Cardozo, que se ocupava com os projetos estruturais de todos os edifícios que estavam sendo construídos em Brasília.

A Arquitetura da Igrejinha Nossa Senhora de Fátima é muito simples consiste em apenas três elementos básicos de concreto armado, mostrados na Figura 29 – a cobertura (verde), três pilares externos (vermelhos) e duas paredes estruturais (azul) – criando um ambiente simples e acolhedor para os poucos fiéis que a pequena capela comporta.

A cobertura da Igrejinha é o elemento que dá a ela toda sua plástica. Trata-se de uma laje triangular em curva, que a primeira vista aparenta ser uma casca de concreto com espessura que varia entre 10 e 90 centímetros. Porém, ao observarmos a estrutura em uma foto aérea, nota-se a presença de cinco grandes vigas de sustentação, que devido a seu formato não aparecem ao observador no nível do chão.

A laje, na realidade tem espessura que varia entre 10 e 30 centímetro, sustentada pelas cinco vigas de concreto armado com altura também variada, entre 10 e 90 centímetros, partem de um mesmo ponto, no encontro com o pilar principal e se afastam até a parte posterior da cobertura. As cinco vigas são apoiadas do pilar principal e abrem-se em leque, na outra extremidade as duas vigas de borda se apóiam nos pilares posteriores e as três vigas internas ficam em balanço, apoiadas nas duas paredes estruturais.

Assim como a laje, as vigas possuem uma altura que varia entre os mesmos 25 centímetros nas extremidades e chega a 90 centímetros na parte central, curva. Esse artifício é responsável

pela incrível leveza da estrutura e pela impressão que se tem de que a cobertura é uma casca rígida de concreto, pois como tem a mesma espessura que a laje nas extremidades o observador no nível do chão jamais consegue visualizar as vigas internas.

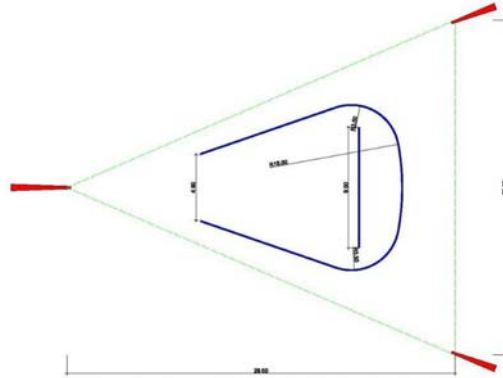


Figura 29: Planta da Igreja Nossa Senhora de Fátima. Desenho do Autor – adaptado de planta original (IPHAN).



Figura 30: Vista da Igreja Nossa Senhora de Fátima. Foto do autor.

O pilar principal, que fica no centro da fachada da Igreja possui uma secção de 4,5 metros por 0,5 a 0,2 metros na base e 8 metros de altura. No ponto mais alto, onde o pilar encontra a ponta da cobertura ele tem a seção de 0,3 metros por 0,2 metros. Os dois pilares posteriores seguem o mesmo desenho do pilar principal, porém são menores. Eles possuem, na base uma secção de 3,5 metros por 0,5 a 0,15 metros e chegam a 5 metros de altura, no topo possuem a secção de 0,3 por 0,15 metros.

Além dos pilares, o sistema estrutural da Igreja ainda conta com as 2 paredes de concreto como apoios da cobertura, ambas possuem apenas 12 centímetros de espessura, mas cumprem um papel muito importante no conjunto, na sustentação das vigas internas da cobertura.

Utilizando o programa SAP 2000 para analisarmos o sistema estrutural completo da Igreja, podemos observar claramente as relações do sistema estrutural com a forma adotada para a arquitetura da Igreja Nossa Senhora de Fátima.

Na figura abaixo (Figura 31) temos o Diagrama de Forças Normais, notamos que as forças de tração (amarelo) se concentram no centro dos vãos em todas as 5 vigas do sistema estrutural. Apesar das vigas terem as mesmas dimensões as Forças são maiores nos maiores vãos – vigas de borda, entre pilar frontal e pilar posterior (29,1tf) e menores no menor vão – viga central, entre o pilar frontal e a parede estrutural. Notamos também nesse diagrama que nos trechos onde as vigas centrais estão em balanço ocorre uma força de compressão próximo ao apoio na parede estrutural.

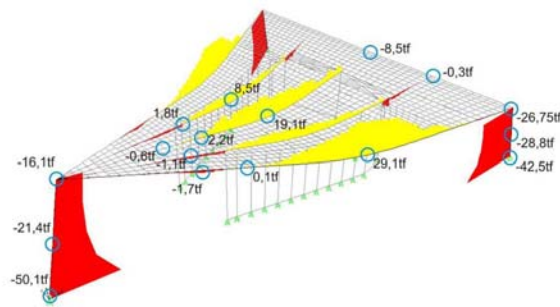


Figura 31: Diagrama de Forças Normais. Desenho do autor. Programa SAP 2000.

Observando os Diagramas de Momento Fletores desse sistema estrutural podemos constatar que a forma da Igrejinha está relacionada diretamente com seu sistema estrutural. Basta notarmos como o desenho do diagrama de Momentos Fletores no pilar se assemelha com a forma que o arquiteto utilizou nesse elemento (Figura 32).



Figura 32: Diagrama de Momentos Fletores – detalhe do Pilar Frontal. Desenho do autor. Programa SAP 2000 e Pilar Frontal da Igrejinha Nossa Senhora de Fátima. Foto do autor..

Podemos notar com essas análises que o projeto da Igrejinha Nossa Senhora de Fátima, apresenta uma simplicidade formal característica, que a torna única, reconhecida mundialmente. Essa simplicidade foi conseguida por meio de uma total sintonia entre o sistema estrutural adotado e o desenho arquitetônico pretendido, desde o início do processo projetual.

## 5 CONCLUSÃO

Os trabalhos de Niemeyer sempre foram marcados pelo arrojo estrutural e pelo desafio tecnológico que esse arrojo proporcionava a seus calculistas. Sempre levando o concreto armado ao limite técnico permitido, Niemeyer teve uma relação muito especial com os engenheiros calculistas que acompanharam sua carreira.

Os engenheiros que trabalharam com Niemeyer também exerceram um importante papel na formação do arquiteto, conseguindo soluções estruturais inéditas em diversas épocas para possibilitar a realização da inventividade formal da arquitetura de Niemeyer. E, como o próprio arquiteto diz, Niemeyer teve a sorte de trabalhar com grandes nomes da engenharia nacional, como Emílio Baumgart, Bruno Contarini, Joaquim Cardozo e José Carlos Sussekind. Com eles o arquiteto pode levar ao mundo os avanços tecnológicos que a

construção civil nacional fazia, e ainda faz, por intermédio de sua arquitetura.

Por meio do estudo de obras marcantes na arquitetura nacional e internacional é possível observar a importância do conhecimento técnico e do sistema estrutural para a realização de uma arquitetura de boa qualidade.

Na arquitetura de Oscar Niemeyer a relação com a técnica é ainda mais evidente. Para que o arquiteto pudesse criar as formas livres, simples e puras, presentes em sua obra, Niemeyer sempre procurou um apuro tecnológico e uma solução estrutural inovadora, mas que, obedecendo sempre a lógica natural, consegue atingir os limites máximos dos materiais utilizados. Em Brasília, onde o próprio Niemeyer diz ter valorizado o trabalho dos engenheiros, essa relação é ainda mais evidente.

Em diversas ocasiões Niemeyer utiliza seu vasto conhecimento técnico para garantir uma leveza arquitetônica marcante em sua obra. Isso é notado nas colunas dos palácios de Brasília. Através de soluções estruturais e utilizando o sistema estrutural a favor do resultado estético, Niemeyer conseguiu pontos de apoio mínimos nas colunas externas, que fazem com que os palácios aparentem não ter quase nenhum peso e apenas tocarem levemente o solo.

Na Catedral de Brasília, a estrutura complexa e inovadora, bastou para definir uma forma arquitetônica inédita que destacou a arquitetura e a engenharia brasileira no cenário internacional. Segundo Niemeyer, a função dessa obra extrapola a função social de uma catedral, ela também expressa o potencial tecnológico de uma época, função comum das grandes catedrais do mundo.

Em várias de suas obras é possível ver, de forma explícita, a presença do sistema estrutural na forma arquitetônica. É o caso das coberturas do Touring Clube em Brasília e no anexo do Iate Clube da Pampulha, em Belo Horizonte, em que o desenho das vigas é praticamente igual ao desenho do gráfico de momento fletor para aquela estrutura. Essa relação também pode ser vista na Ponte Costa e Silva em Brasília, única ponte construída projetada pelo arquiteto.

A presença definidora do sistema estrutural continua acompanhando os trabalhos mais recentes de Oscar Niemeyer, que explora com muito mais simplicidade e experiência os limites e as possibilidades do concreto armado. O Museu Nacional, em Brasília, construído em 2006 é um exemplo disso. Sua forma plástica é definida diretamente por uma cúpula.

Por meio de análises feitas em programa computacionais, como SAP 2000 e Ftool, podemos destacar a função estrutural de cada elemento que visualmente tem grande função estética. Também é possível concluir que o sistema estrutural é, muitas vezes, o elemento que define a forma.

Essas análises, tanto históricas quanto técnicas de grandes obras de Oscar Niemeyer, e também da arquitetura nacional, contribuem para um entendimento da importância do conhecimento técnico e tecnológico para a produção de uma arquitetura de boa qualidade.

## REFERENCIAS

- Campos, João – Da Idéia ao Traço do Professor Niemeyer. *Revista Darcy*, nº 3, Novembro e Dezembro de 2009, UnB. Brasília, p. 56- 66.
- Cardozo, Joaquim – A construção de Brasília. [www.joaquimcardozo.com](http://www.joaquimcardozo.com) -Rede de Idéias – s.d..
- Cardozo, Joaquim – Dois episódios na história da arquitetura moderna brasileira. *Revista Módulo*, nº 4, PP. 32-36. Março de 1965. Reeditado em [www.joaquimcardozo.com](http://www.joaquimcardozo.com) -Rede de Idéias – 2004.
- Castro, Bruna. Ministério da Educação e Cultura – MEC (1936-1942), em *Monólito – ensaios arquiteturas*. Unifev. Outubro de 2009.
- Dantas, Maria da Paz Ribeiro – Joaquim Cardozo contemporâneo do futuro. Ensol Editora –

- 2004.
- Faria, Francisco. Oscar Niemeyer: O Espetáculo Arquitetural: Caderno dos Instrutores. *MON – O Olhar do Aprendiz*. Curitiba – PR. Museu Oscar Niemeyer, 2007.
- Fonseca, Régis Pamponet da. A Estrutura do Instituto Central de Ciências: Aspectos Históricos, Científicos e Tecnológicos de Projeto, Execução, Intervenções e Proposta de Estratégias para Manutenção. *Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília*. Brasília, DF, 2007.
- Fonseca, Roger Pamponet da. A Ponte de Oscar Niemeyer em Brasília: Construção, Forma e Função Estrutural. *Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília*. Brasília, DF, 2007.
- Leal, Edite Antão de M. – Igreja Cinquenta Anos. Igreja e Santuário de Fátima em ([www.igrejhadeFatima.org](http://www.igrejhadeFatima.org)). 2008
- Lopes, João Marcos; BOGÉA, Marta; REBELLO, Yopanan. Arquitetura da Engenharia, ou, Engenharia da Arquitetura. Editora Mandarim. São Paulo, SP, 2006.
- Moreira, André Luis Andrade. A Estrutura do Palácio da Justiça em Brasília: Aspectos Históricos, Científicos e Tecnológicos de Projeto, Execução, Intervenções e Proposta de Estratégias para Manutenção. *Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília*. Brasília, DF, 2007.
- Müller, Fábio. Catedral de Brasília, 1958-70: Redução e Redenção; em: *Cadernos de Arquitetura e Urbanismo*, v. 10, n. 11, p. 9-33, Belo Horizonte, MG, 2003.
- Niemeyer, Oscar. As Curvas do Tempo - Memórias. Editora Revan, 2000, 7ª edição, Rio de Janeiro, Outubro de 2000.
- Niemeyer, Oscar. Minha Arquitetura. Editora Revan, 2000, 3ª edição, Rio de Janeiro, Dezembro de 2000.
- Niemeyer, Oscar. Oscar Niemeyer - Minha Arquitetura 1937-2004. Editora Revan. Rio de Janeiro, RJ. 2004
- Ohtake, Ricardo. No Dia a Dia. *Revista AU*, Editora PINI, ano 3, n. 15, p. 25-27, São Paulo, SP, 1987.
- Ohtake, Ricardo. Oscar Niemeyer. *Folha Explica*. Publifolha, 2007.
- Pessoa, Diogo Fagundes; TEATINI, J. Carlos. Catedral de Brasília: Histórico de Projeto/Execução e Análise da Estrutura. *Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*. Volume 2, No. 2, 2002. p. 21-30.
- Porto, Cláudia Estrela. As Formas Estruturais na Arquitetura de Brasília: Uma Saga Tecnológica. Paranoá eletrônico ISSN 1679-0944, [http://www.unb.br/fau/pos\\_graduacao/paranoa/paranoa.htm](http://www.unb.br/fau/pos_graduacao/paranoa/paranoa.htm) , Volume 9, 23 de Abril de 2007.
- Tamarimi, Fernando Lourenço. História da Igreja Nossa Senhora de Fátima. Instituto Histórico e Geográfico do DF. 1997.
- Sabbag, Haifa Y. ... e Fez-se a Obra. De Concreto e Emoção. *Revista AU*, Editora PINI, ano 3, n. 15, p. 43-55, São Paulo, SP, 1987.
- Santana, Geraldo. Joaquim Cardozo 1897-1978 – O Engenheiro da Poesia. *Revista AU*, Editora PINI, São Paulo, SP, 1998.
- Santos, Evaristo C. Rezende; TEATINI, J. Carlos; NEPOMUCENO, Antônio Alberto. A Estrutura do Palácio do Itamaraty em Brasília: Aspectos Históricos e Tecnológicos de Projeto, Execução, Intervenções e Manutenção. *Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*. Volume 7, No. 2, 2007. p. 229-238.
- Underwood, David. Oscar Niemeyer e o Modernismo de Formas Livres no Brasil. Cosac & Naify, São Paulo, SP, 2003.



- VASCONCELOS, Augusto Carlos de. O Concreto no Brasil – *Recordes, Realizações, História, Volume 1*. Editora Pini, 2ª edição, 1992.
- Vasconcelos, Augusto Carlos de. O Concreto no Brasil – *Professores, Cientistas, Técnicos, Volume 2*. Editora Pini, 1ª edição, 1992.
- Wolf, José. Vôos e Vãos. *Revista AU*, Editora PINI, ano 3, n. 15, p. 15-23, São Paulo, SP, 1987.
- Xavier, Alberto. *Arquitetura Moderna Brasileira: Depoimentos de uma Geração*. Editora PINI, São Paulo, 1987.