

O concreto e a arquitetura de Niemeyer em Brasília

LEONARDO DA SILVEIRA P. INOJOSA – PhD, <https://orcid.org/0000-0003-0745-6900> – leinojosa@unb.br – UnB;

MÁRCIO A. R. BUZAR – PhD, <https://orcid.org/0000-0002-1164-2784>; JOÃO DA C. PANTOJA – PhD, <https://orcid.org/0000-0002-0763-0107> – PPG FAU-UNB

RESUMO

“Terminada a estrutura a arquitetura já está presente, simples e bonita”. Assim o arquiteto Oscar Niemeyer descrevia as estruturas de concreto armado concebidas para dar forma à arquitetura de Brasília, uma arquitetura que nasce integrada à estrutura. O momento histórico no qual está inserida a criação de Brasília é um dos quatro momentos da arquitetura moderna brasileira em que é possível identificar o protagonismo da estrutura na composição formal da arquitetura. Nas edificações projetadas por Niemeyer na capital, a própria função define o sistema estrutural e esse, por sua vez, é responsável pela forma. Mesmo que poste-

riormente este corpo principal receba outros elementos, a estrutura definirá sua forma e o espaço arquitetônico. Além disso, a estética moderna explorada por Niemeyer está relacionada com a exploração das novas formas e possibilidades estéticas do concreto armado a partir de 1910, com Le Corbusier. Este trabalho explora, através de análises numéricas dos sistemas estruturais aplicados, duas dessas obras, utilizando o software SAP2000, as relações dos sistemas estruturais com o resultado final na plástica arquitetônica, identificando o protagonismo da estrutura e a importância do concreto armado na concepção da arquitetura moderna brasileira.

PALAVRAS-CHAVE: CONCRETO ARMADO, OSCAR NIEMEYER, BRASÍLIA, PROTAGONISMO ESTRUTURAL.

1. INTRODUÇÃO

Nas obras modernas, pode-se identificar um protagonismo da estrutura na concepção da arquitetura. Na Arquitetura Moderna, os elementos estruturais são usados de forma aparente, muitas vezes clara e pura, e diretamente relacionados com a estética e com a concepção do espaço arquitetônico. Isso mostra que foi essencial para a concepção arquitetônica da época o conhecimento técnico das estruturas, tanto dos materiais utilizados quanto ao sistema estrutural adotado (INOJOSA, 2010).

Obras consagradas de diversas épocas e nacionalidades utilizam o componente estrutural como parâmetro norteador do projeto. Muitos casos são reconhecidos como “Arte Estrutural”, quando a arquitetura nasce junto com a estrutura – “terminada a estrutura a arquitetura já está presente, simples e bonita” (NIEMEYER 2000, p. 81), diz Niemeyer ao descrever suas obras, em especial em Brasília. Segundo o engenheiro e professor João Del Nero “a engenharia estrutural tem uma liberdade de criação que se assemelha à arquite-

tura” (in SABBAG, 1987) e ainda, segundo Le Corbusier, sobre as possibilidades estéticas do concreto armado: “Operando com o cálculo, os engenheiros usam formas geométricas, que satisfazem nossos olhos pela geometria e nosso espírito pela matemática; suas obras estão no caminho da grande arte.” (LE CORBUSIER, 1998. p 11-12).

Com o desenvolvimento da tecnologia brasileira do concreto armado, os arquitetos modernistas passaram a expressar uma ideia nacional em suas obras, imprimindo na arquitetura suas características pessoais, respeitando conceitos modernistas vigentes. Oscar Niemeyer mostrava o desenvolvimento da engenharia nacional por meio de formas inovadoras, rompendo o pragmatismo retilíneo do concreto armado na arquitetura internacional. Essa relação da técnica de construir com a arquitetura trouxe para as obras modernistas brasileiras um protagonismo compositivo evidenciado nos usos dos elementos estruturais puros, como nas cascas e planos estruturais de Oscar Niemeyer (ANDRADE, 2016).

Assim, no Brasil, são identificados quatro momentos específicos em que

o sistema estrutural aparece de forma marcante na arquitetura – Momento 1, Recife (década de 30); Momento 2, Pampulha (décadas de 40 e 50); Momento 3, Brasília (décadas de 50 e 60) e Momento 4, pós-Brasília (década de 70 em diante). São momentos nos quais o desenvolvimento estético e técnico permitiram que a arquitetura moderna brasileira se estabelecesse como uma das mais importantes do mundo (INOJOSA, 2019).

O terceiro momento se estabeleceu como sendo um marco para a arquitetura moderna brasileira, representado pela construção de Brasília, com projetos de Oscar Niemeyer e Joaquim Cardozo entre as décadas de 50 e 60.

2. O CONCRETO ARMADO NO BRASIL

A difusão da Arquitetura Moderna, a partir de 1928, com o primeiro CIAM – Congresso Internacional de Arquitetura Moderna, contribuiu para a difusão do uso do concreto armado nas construções, tendo sido esse o material mais utilizado pelos arquitetos modernistas, dada sua capacidade de viabilizar uma liberdade de formas, nitidez das linhas

construtivas e a clareza dos volumes arquitetônicos que antes não se via possível com outros materiais (COSTA apud SANTOS, 2008, pag. 19).

Nesse novo contexto, se inicia no Brasil um período de grande criação arquitetônica, no qual os arquitetos, se utilizando do potencial criativo que o concreto armado proporcionava, se reaproximaram dos engenheiros que dividiam o interesse e entusiasmo pelos novos conceitos da arquitetura moderna e, juntos, produziram grandes obras, fazendo com que a escola brasileira do concreto armado fosse responsável por diversos recordes mundiais nas estruturas.

Dentre esses recordes mundiais, que foram essenciais para a divulgação da engenharia e arquitetura brasileira do concreto armado no mundo, podemos citar o Edifício “A Noite” no Rio de Janeiro, projetado pelo engenheiro Emílio Baumgart, com 24 pavimentos e 102,8 metros de altura, inaugurado em 1928. Além da audaciosa estrutura de concreto armado, que possui lajes de grandes dimensões para a época (até 5,0 x 9,5 m), com espessura de apenas sete centímetros – inferior ao mínimo exigido pela norma atual (ABNT, 2004) – o sistema estrutural tem soluções inovadoras como as mísulas nas vigas de apoio e o fato dessa obra ter passado por uma verificação quanto à resistência ao vento (inédita no Brasil), ocasionando o acréscimo de seis pilares em cada pavimento, que passaram a funcionar como grandes pórticos, juntamente com as respectivas lajes (TELLES, 2017).

No ano seguinte à inauguração do Edifício “A Noite”, em São Paulo, o Edifício Martinelli ultrapassou seu recorde. Com 105,6 metros de altura e 30 andares, o Edifício Martinelli, projetado pelo engenheiro Amleto Nipote, teve sua construção iniciada em 1924 e passou por diversos percalços, como falta de material disponível, embargos e alterações de projeto que já com a obra iniciada teve o número de pavimentos aumentado de 18 para 30 andares, levando sua conclusão para 1929. Para essa mudança, os engenheiros tiveram que recorrer a análises de estabilidade e materiais, tendo que diminuir a car-

ga das paredes e solicitaram um laudo a um grupo de notáveis engenheiros do Rio de Janeiro, formado por Emílio Baumgart, J. M. Sampaio Corrêa e Roberto Marinho de Azevedo, que atestaram a boa qualidade da construção (TELLES, 2017).

Em 1930, Emílio Baumgart projetou a Ponte sobre o Rio do Peixe, que depois levou seu nome. A ponte que vencia um vão central de 68 metros, com mais dois vãos menores de acesso, marcou o novo recorde mundial em pontes em vigas retas de alma cheia de concreto armado. Essas vigas apresentavam uma expressiva esbeltez, com apenas 1,70m de altura (1/40 do vão). Além do recorde mundial, uma das mais expressivas do engenheiro, marcou a invenção do método construtivo dos “balanços sucessivos” (TELLES, 2017).

A parceria dos arquitetos modernistas com grandes nomes da engenharia dava ao Brasil lugar de destaque internacional e outros recordes mundiais em concreto armado, como a antiga marquise, em concreto armado do estádio do Maracanã, com 36 metros de comprimento em balanço, ou o famoso vão livre do MASP em São Paulo, da arquiteta Lina Bo Bardi, projetado em 1958, com 74 metros, projetado pelo engenheiro José Carlos de Figueiredo Ferraz, além de obras internacionais, como na grande viga-parede do Edifício de Classes da Universidade de Constantine com seus 50 metros de vão e 25 metros de balanço e apenas 30 centímetros de espessura, fruto da parceria de Oscar Niemeyer com o engenheiro Bruno

Contarini. E, mais recentemente, outro parceiro de Niemeyer, Engenheiro José Carlos Sussekind, no projeto do Palácio Tiradentes, parte do conjunto da Cidade Administrativa Tancredo Neves, em Belo Horizonte, que utiliza a mais alta tecnologia do concreto protendido para viabilizar um arrojado desafio estrutural proposto pelo arquiteto, uma caixa de 147 metros suspensa por tirantes, o maior prédio suspenso do mundo.

3. PROTAGONISMO DA ESTRUTURA NA ARQUITETURA DE OSCAR NIEMEYER EM BRASÍLIA

Nos edifícios monumentais da Capital, como o Palácio do Planalto e o edifício do Supremo Tribunal Federal (Figura 1), a utilização do potencial técnico do concreto armado, alinhado a uma criatividade plástica no desenho das formas estruturais, permitiram que Niemeyer criasse grandes estruturas que “pousam levemente” sobre o solo (INOJOSA, 2010).

Brasília foi construída em três anos e meio, graças ao talento, criatividade e ousadia de três grandes nomes – Lúcio Costa, Oscar Niemeyer e Joaquim Cardozo. 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 Cardozo. 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



► **Figura 1**
Supremo Tribunal Federal, em Brasília
Fonte: Foto do autor

a intervirem nos sistemas estruturais, fazendo com que muitas vezes tal sistema definisse e caracterizasse a arquitetura. (MOREIRA, 2007).

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.

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 colonata. Essa colonata, na realidade, é, segundo Underwood (2003): “uma arcada parabólica invertida, suportadas por arcos saídos de baixo, que mal tocam o solo”. Característica marcante dessa obra, o desenho dos pilares da varanda chama a atenção na composição da fachada do edifício. 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.

Soluções similares para diminuir a espessura da laje de cobertura 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.

Estruturas ousadas e fachadas monumentais podem ser vistas nos palácios de Brasília projetados por Oscar Niemeyer, como o Palácio da Justiça (Figura 2), de 1965. 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.

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 (INOJOSA, 2010).

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 frete ao edifício, projetado pelo paisagista Roberto Burle Marx. Essa fachada é formada pelos 9 semiarcos que ligam pilares extremamente esbeltos, espaçados a cada 6,5 metros (MOREIRA, 2007).

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 semiarcos 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 contra flecha de 3 centímetros. No terceiro pavimento, pela presença do jardim interno foram necessárias transições na estrutura. Além disso, foi criada uma série 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 contra flechas de até 5 centímetros (MOREIRA, 2007).

Outro palácio, construído no período entre 1963 e 1970, tendo sofrido diversas paralisações em sua obra, o Palácio do Itamaraty (Figura 3) 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



► **Figura 2**
Fachada do Palácio da Justiça em Brasília
Fonte: Foto do autor



► **Figura 3**
Fachada do Palácio do Itamaraty, Brasília
Fonte: Foto do autor



► **Figura 4**
Catedral de Brasília
Fonte: Foto do autor

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, 2008).

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 para a 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, contrabalançando as elevadas deformações na retirada dos escoramentos (SANTOS, 2008).

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.

No projeto da Catedral de Brasília (Figura 4), Oscar Niemeyer utilizou a solução técnica como principal elemento arquitetônico. "Plasticamente livre e tec-

nicamente 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).

3.1 Equilíbrio Estrutural

3.1.1 A IGREJINHA NOSSA SENHORA DE FÁTIMA (OSCAR NIEMEYER E JOAQUIM CARDOZO)

A Arquitetura da Igreja Nossa Senhora de Fátima (Figura 5) é muito simples, consiste em apenas três elementos básicos:

- duas paredes estruturais: uma em curva que envolve toda a igreja, deixando uma abertura frontal para a porta de entrada principal, a segunda separa a pequena nave da sacristia e uma sala atrás do altar da igreja;
- três pilares externos que sustentam a cobertura curva da igreja: os dois pilares posteriores são iguais e um pouco menores que o pilar frontal – os pilares têm formas que destacam a arquitetura da cobertura, pois tem a base muito larga e, em curva, vão diminuindo até encontrarem com as pontas da cobertura;
- a cobertura, que é o elemento que dá a ela toda sua plástica: trata-se de uma laje triangular em curva, que, à 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.

Para a análise estrutural do sistema da Igreja Nossa Senhora de Fátima foram utilizados os dados coletados a partir de cópias de desenhos originais da construção cedidas pelo Iphan/ DF – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional do Distrito Federal. As dimensões dos elementos estruturais da edificação foram organizadas e sistematizadas para serem modelados no software SAP 2000, conforme o sistema estrutural



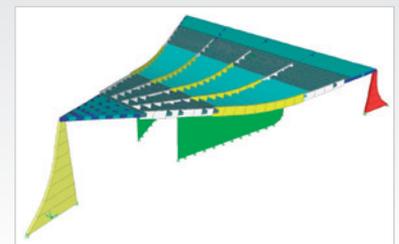
► **Figura 5**
Vista frontal da igreja Nossa Senhora de Fátima
Fonte: Foto do autor

representado na perspectiva da Figura 6.

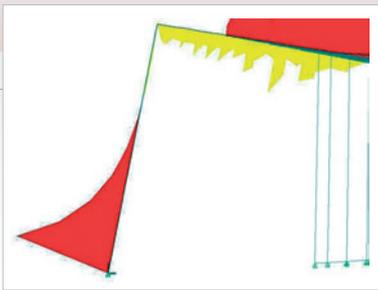
Observando os Diagramas de Momentos Fletores desse sistema estrutural, podemos constatar que a forma da Igreja Nossa Senhora de Fátima está relacionada diretamente com seu sistema estrutural. O gráfico mostra um grande momento na base dos pilares, o que justifica a escolha de seu formato, maior na base e mais esbelto ao se aproximar do topo. Basta notarmos como o desenho do diagrama de Momentos Fletores no pilar se assemelha com a forma que o arquiteto utilizou nesse elemento (Figura 7 e Figura 8).

3.1.2 SUPERIOR TRIBUNAL DE JUSTIÇA – STJ (OSCAR NIEMEYER E BRUNO CONTARINI)

O projeto de arquitetura e estruturas do conjunto de edifícios do STJ – Superior Tribunal de Justiça – tem peculiaridades importantes e apresenta uma estrutura marcante, definidora de sua



► **Figura 6**
Modelo da estrutura da igreja
Fonte: Desenho do autor. Programa SAP 2000 (INOJOSA, 2010)



► **Figura 7**

Diagrama de momentos fletores – detalhe do pilar frontal

Fonte: Desenho do autor. Programa SAP 2000 (INOJOSA, 2010)

forma arquitetural. O sistema estrutural adotado nessa obra teve um papel essencial na determinação de seu desenho arquitetônico. Bruno Contarini - autor do projeto estrutural do STJ teve participação efetiva desde a concepção dos projetos, proporcionando uma obra marcada pelo arrojo estrutural e por grandes desafios tecnológicos.

O maior volume do conjunto é o Bloco dos Plenários. O prédio abriga 10 salas de julgamentos, sendo a principal delas a da Corte Especial, com capacidade para 184 pessoas. Existem três salas de Seções, seis de Turmas, além de uma de audiências, uma de advogados e uma do Ministério Público. No



► **Figura 8**

Pilar frontal da igreja Nossa Senhora de Fátima

Fonte: Foto do Autor

subsolo, funciona a Secretária Judiciária.

O programa está distribuído em um grande bloco suspenso sobre 11 pilares, criando vãos vencidos por empenas de concreto aparente de proporções monumentais que chamam a atenção no conjunto. Dentre essas empenas, se destaca a fachada principal, que recebe um painel de Mariane Perret (Figura 9), totalmente integrado com a arquitetura, pois cria aberturas na parede que permitem a passagem da luz natural para o interior do edifício.

A estrutura do Bloco dos Plenários é de concreto armado, e foram utilizados recursos especiais em locais estratégicos, tais como microssilica e protensão. As resistências aplicadas são de 24MPa, aumentando para 90MPa nos locais onde foi empregada a microssilica.

O conjunto possui vãos da ordem de 60m, tendo sido executado totalmente apoiado em seus 11 pilares externos em forma de tronco de pirâmide e em 3 pilares embutidos nas caixas de elevadores e poços internos.

As paredes externas com 11,9m de altura foram utilizadas como vigas, apoiando as lajes, em um sistema de vigas em grelha. Em entrevista com os engenheiros do STJ que fiscalizaram a obra, ressaltou-se que especial atenção foi dada ao painel da artista Marianne Perret, uma vez que ele também trabalha estruturalmente e representa o segundo maior vão do edifício, com 61,25m.

O elemento estrutural e estético mais marcante na arquitetura do edifício é, sem dúvida, a viga-parede 5 (Figura 10), que forma o grande painel de concreto da fachada e se destaca sobre o grande vão de mais de 60 metros com suas aberturas de vidro de formas sinuosas.

Para análise da estrutura do painel vazado da fachada, foram levantados dados a partir dos desenhos técnicos da estrutura do Bloco dos Plenários – planta de formas, cortes, desenhos arquitetônicos – cedidos pela Coordenadoria de Engenharia do STJ e considera-se o estado limite último e de serviço conforme critérios da Norma NBR 6118 (ABNT, 2004) – Projeto de estrutura de concreto. A partir desses dados, foram modeladas, no programa SAP 2000, empregando-se o elemento finito “Shell”, duas situações da viga em estudo.

Na primeira delas, foram consideradas as aberturas de vidro, desenhadas pela artista Marianne Perret. Nesta situação, foram utilizados 2.556 elementos finitos. Para efeito de comparação, a segunda situação foi modelada com a alma cheia, desconsiderando as aberturas do painel. Nesta situação foram utilizados 520 elementos finitos, já que se trata de modelo mais convencional.

Na Figura 11, vemos os gráficos de deslocamentos. Neles, podemos observar que, na viga com os vazios, o deslocamento vertical é de 12,17 cm, cerca de 11% maior se comparado com a viga-parede



► **Figura 9**

Fachada do bloco dos plenários do STJ, com o painel de Mariane Perret

Fonte: Foto do autor



► **Figura 10**

Vista interna da parede 5 do STJ, com o painel de Mariane Perret

Fonte: Foto do autor

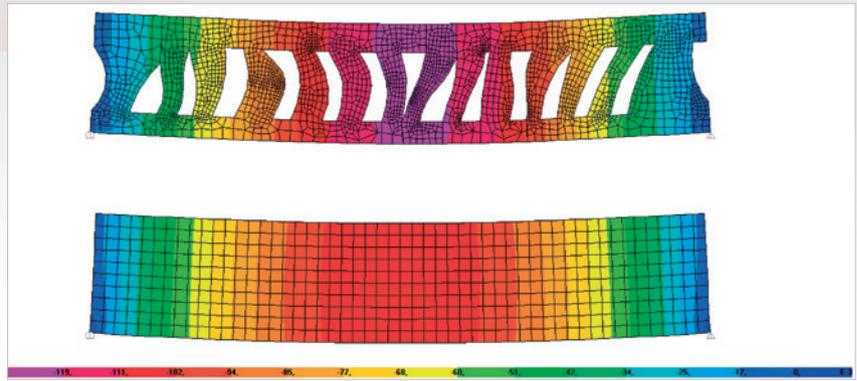
com alma cheia, que é de 10,91cm. Considerando a protensão utilizada no projeto, o deslocamento diminui consideravelmente. Mesmo para um carregamento elevado – 89.739 kgf/m de carga total – a inércia da viga-parede com uma relação entre comprimento da viga e sua altura da ordem de $l/5$ reduz consideravelmente o deslocamento.

Na Figura 12, mostram-se os esforços internos na direção principal X. O primeiro gráfico mostra o funcionamento como uma viga vierendel, concentrando os esforços de tração no banzo inferior.

Os esforços de flexão máximos, nos elementos mais solicitados, são da ordem de 40 mil toneladas metro, sendo combatido por 30 cordoalhas de protensão localizado na região central da base da viga. Devido à dificuldade de dispor os cabos de protensão acompanhando o esforço de flexão, o projetista dispôs cabos verticais ao longo da altura da viga para garantir o confinamento do concreto.

4. CONCLUSÕES

Oscar Niemeyer sempre mostrou em suas obras, inclusive no seu processo criativo, que a arquitetura e a estrutura nascem juntas, não são elementos distintos da construção. A presença definidora do sistema estrutural sempre acompanhou seus trabalhos, que exploram com simplicidade e experiência os limites e as possibilidades do concreto armado. A "Igrejinha" Nossa Senhora de Fátima, em Brasília, construída em 1958, é um exemplo disso, assim como o projeto do edifício do Superior Tribunal de Justiça – STJ, construído entre 1989 e 1994.



► **Figura 11**

Simulação do deslocamento da viga-parede 05 nas duas situações

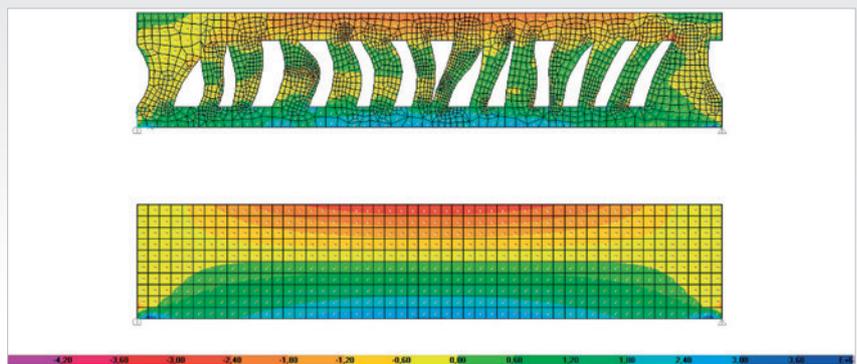
Fonte: Desenho do Autor, programa SAP 2000

Na estrutura da Igrejinha, composta de poucos elementos, que definem por completo a arquitetura da pequena capela, podemos destacar, com o auxílio das análises feitas no programa computacional, a função estrutural de cada elemento que visualmente tem grande função estética (INOJOSA, 2010). É possível concluir, que, tanto nos pilares quanto na espessura variável da cobertura, o sistema estrutural é o elemento que define a forma final da Igrejinha, cujo projeto 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.

Já, o projeto do STJ segue a linha dos grandes desafios estruturais que

o arquiteto proporcionou ao calculista Bruno Contarini. Por meio das análises feitas no programa computacional, podemos comparar os resultados da grande viga vazada de concreto e vidro da fachada do edifício, elemento que visualmente tem grande função estética, com uma situação simplificada, sem as aberturas, contribuindo para a valorização da técnica na produção arquitetônica integrada não só com uma engenharia de alta tecnologia, mas também com marcos artísticos, como o painel de Mariane Perret.

Desde as primeiras experiências modernistas na construção, enquanto movimento organizado, na década de 30, o sistema estrutural em concreto armado foi protagonista na concepção da arquitetura moderna brasileira, impulsionando soluções técnicas que se incorporaram ao seu repertório formal herdado



► **Figura 12**

Diagrama de esforços internos — tração e compressão na direção "X" da viga-parede 05 nas duas situações

Fonte: Desenho do Autor, programa SAP 2000

do movimento moderno internacional. Em Brasília, com Oscar Niemeyer, a relação da arquitetura com a técnica é ainda

mais evidente. Para que pudesse criar as formas livres, simples e puras, Niemeyer precisou de apuro tecnológico e soluções

estruturais inovadoras para mais uma vez atingir os limites máximos do concreto armado à época. 

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ANDRADE, Rogério Pontes. Matrizes Tectônicas da Arquitetura Moderna Brasileira 1940 – 1960. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. Orientadora: Sylvia Fischer. Brasília, 2016.
- [2] INOJOSA, Leonardo da Silveira Pirillo. O Sistema Estrutural na Obra de Oscar Niemeyer. Dissertação de Mestrado submetida à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, área de concentração Tecnologia. Brasília, 2010.
- [3] INOJOSA, Leonardo da Silveira Pirillo. O Protagonismo da Estrutura na Concepção da Arquitetura Moderna Brasileira. Tese de Doutorado submetida à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Arquitetura e Urbanismo, área de concentração Tecnologia. Brasília, 2019.
- [4] LE CORBUSIER. Por uma Arquitetura. Série estudos, 5ª edição. Editora Perspectiva, São Paulo, 1998.
- [5] MOREIRA, André Luiz 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.
- [6] MÜLLER, Fábio. Catedral de Brasília, 1958-70: Redução e Redenção; in: Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, v. 10, n. 11, p. 9-33, Belo Horizonte, MG, 2003.
- [7] NIEMEYER, Oscar. Minha Arquitetura. Editora Revan, 2000, 3ª edição, Rio de Janeiro, Dezembro de 2000.
- [8] 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.
- [9] SANTOS, Roberto Eustáquio dos. A Armação do Concreto no Brasil: História da difusão da tecnologia do concreto armado e da construção de sua hegemonia. Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Educação: “Conhecimento e Inclusão Social”, da Faculdade de Educação da UFMG, Belo Horizonte, MG, 2008.
- [10] TELLES, Pedro Carlos da Silva. Notáveis empreendimentos da engenharia no Brasil. Rio de Janeiro, LTC, 2017.
- [11] UNDERWOOD, David. Oscar Niemeyer e o Modernismo de Formas Livres no Brasil. Cosac & Naify, São Paulo, SP, 2003.

Durabilidade do Concreto

Bases científicas para a formulação de concretos duráveis de acordo com o ambiente



Ed. JEAN-PIERRE OLLIVIER e ANGÉLIQUE VICHOT

Editores da tradução: Oswaldo CASCUO e Helena CARASEK

DURABILIDADE DO CONCRETO

→ Editores	Jean-Pierre Ollivier e Angélique Vichot
→ Editora francesa	Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées – França
→ Coordenadores da edição em português	Oswaldo Cascudo e Helena Carasek (UFG)
→ Editora brasileira	IBRACON

Esforço conjunto de 30 autores franceses, coordenados pelos professores Jean-Pierre Ollivier e Angélique Vichot, o livro "Durabilidade do Concreto: bases científicas para a formulação de concretos duráveis de acordo com o ambiente" condensa um vasto conteúdo que reúne, de forma atualizada, o conhecimento e a experiência de parte importante de membros da comunidade científica europeia que trabalha com o tema da durabilidade do concreto. A edição brasileira da obra foi enriquecida com o trabalho de tradução para a língua portuguesa e sua adaptação à realidade técnica e profissional nacional.

→ Informações: www.ibracon.org.br

DADOS TÉCNICOS

ISBN: 978-85-98576-22-0
Edição: 1ª edição
Formato: 18,6 x 23,3cm
Páginas: 615
Acabamento: Capa dura
Ano da publicação: 2014

Patrocínio



FHECOR
DO BRASIL
Engenharia

