

ARQUITETURA E ENGENHARIA NO MODERNISMO BRASILEIRO: OS CASOS DO MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E SAÚDE (MES), DA CAPELA DE SÃO FRANCISCO DE ASSIS E DO HIPÓDROMO GUANABARA¹

ARCHITECTURE AND ENGINEERING IN BRAZILIAN MODERNISM: THE CASES OF THE "MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E SAÚDE (MES)," "CAPE-LA DE SÃO FRANCISCO DE ASSIS," AND "HIPÓDROMO GUANABARA"

ARQUITECTURA E INGENIERÍA EN EL MODERNISMO BRASILEÑO: LOS CASOS DE EL "MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E SAÚDE (MES)", DE LA "CAPELA DE SÃO FRANCISCO DE ASSIS" Y DEL "HIPÓDROMO GUANABARA"

> Alexandre Augusto Martins² Ricardo Marques de Azevedo³ Célia Regina Moretti Meirelles⁴

Resumo

Esta pesquisa aborda duas áreas que trabalham em campos permeáveis: Arquitetura e Engenharia. Elege Oscar Niemeyer como representante de um fazer projetual inovador e analisa parte de seu repertório formal (de 1930 a 1962), além de sua influência posterior em outros arquitetos. Ressalta a contribuição dos engenheiros Emílio Baumgart (MES, 1945), Joaquim Cardozo (Pampulha, 1943) e Arthur Jermann (Hipódromo Guanabara, 1962). O método de análise foca a concepção estrutural, realizado segundo as etapas com levantamento bibliográfico, visitas as obras, redesenho dos conceitos projetuais e técnicas construtivas.

Palavras-chave: Arquitetura. Engenharia. Estrutura. Técnica. Modernismo.

Abstract

This research addresses two subjects that work in permeable fields: architecture and engineering. It elects Oscar Niemeyer as a representative of an innovative architectural design and analyzes part of his formal repertoire (from 1930s to 1960s), in addition to its subsequent influence on other architects. It also highlights the contribution of the engineers Emílio Baumgart (MES, 1945), Joaquim Cardozo (Pampulha, 1943) and Arthur Jermann (Hipódromo de Guanabara, 1962). The method of analysis focuses on the structural design, performed according to the stages, such as bibliographic survey, visits the works, redesign of projective concepts and construction techniques.

Keywords: Architecture. Engineering. Structure. Technique. Modernism.

Resumen

Esta investigación aborda dos áreas que trabajan en campos permeables: Arquitectura y Ingeniería. Tiene a Oscar Niemeyer como representante de una visión proyectual innovadora y analiza parte de su repertorio formal (de 1930 a 1962), además de su posterior influencia en otros arquitectos. Destaca la contribución de los ingenieros Emílio Baumgart (MES, 1945), Joaquim Cardozo (Pampulha, 1943) y Arthur Jermann (Hipódromo de Guanabara, 1962). El método de análisis se concentra en el diseño estructural y fue realizado siguiendo las etapas de levantamiento bibliográfico, visita de las obras, rediseño de los conceptos proyectuales y técnicas constructivas.

Palabras clave: Arquitectura. Ingeniería. Estructura. Técnica. Modernismo.

Introdução

Os avanços técnicos/tecnológicos promovidos pela Engenharia estiveram sempre intimamente conectados às novas tendências arquitetônicas. De meados do século XIX em diante, esse entrelaçamento tem sido cada vez mais evidenciado por meio da evolução paulatina dos materiais de construção, resultando em arquiteturas muitas vezes diferentes para cada lugar e para cada momento da história.

Esse fluxo contínuo de modificações foi também encorajado pela Arquitetura moderna, mesmo que ela tenha tomado caminhos distintos entre Europa e Estados Unidos antes de se alastrar pelo mundo (inclusive pelo Brasil), encampada pelo uso redentor do concreto armado, do aço e do vidro. De acordo com Glancey (2012), na Alemanha, em um primeiro momento, e em outras partes do continente europeu, logo depois, a Arquitetura moderna, movida inicialmente pela filosofia da Bauhaus e desejosa para expressar seus ideais de liberdade, de democracia e de civismo, tentou traduzir, da indústria para a Arquitetura, os princípios de produção em série então existentes e que lhe ajudariam a criar novos modos de viver e de morar nas grandes cidades: edificações seriadas, moduladas, cartesianas e essencialmente racionalistas.

No Brasil, o segmento da construção civil começou a amadurecer somente a partir do segundo quartel dos anos 1900. Entre as décadas de 1930 e 1960, as indústrias de base nacionais finalmente foram estabelecidas e contribuíram para o franco processo de desenvolvimento vivenciado pelo País naquele momento. A participação do Estado, por meio de investimentos em obras de grande porte, aliada à abertura de cursos de graduação em Engenharia Civil e em Arquitetura em várias partes do Brasil, ajudaram na expansão do setor construtivo nacional e na qualificação da mão de obra interna. Acrescente-se a esse quadro o papel fundamental das grandes construtoras que aqui se estabeleceram e que contribuíram para a propagação das técnicas construtivas em território brasileiro, com a capacitação de uma massa trabalhadora local para a execução de projetos de grande envergadura, tal qual a construção da nova Capital Federal.

É também na primeira metade do século XX que o panorama técnico/tecnológico nacional enfrentou grande ebulição, fermentado que estava pela assimilação de novos ideais e de novos posicionamentos arquitetônicos opostos às linhas tradicionalistas até então dominantes. Defendidas por Lúcio Costa (o mais respeitado arquiteto nacional daquele momento), as tendências modernizantes ganharam força e foram plenamente abraçadas por todos de seu círculo, inclusive por seu então discípulo, o jovem Oscar Niemeyer. Fundamentando-se nos princípios do movimento moderno pregados por seus dois mestres (no Brasil, o próprio Lúcio Costa e, na Europa, Le Corbusier), ao longo dos anos, Niemeyer evoluiu da condição de um acanhado desenhista no escritório de Lúcio Costa e Gregori Warchavchik à de um profissional empreendedor e propositivo, que optou por desbravar novos horizontes arquitetônicos ao adotar o concreto como sua técnica básica de projetação e de construção.

O reconhecimento de seu trabalho deve também ser atribuído ao fato de ele não permanecer limitado a contemplar passivamente as grandes conquistas técnicas e tecnológicas dos engenheiros de tempos passados e daqueles com os quais atuou diretamente. Em razão de seus conteúdos programáticos, novas e crescentes exigências aos tecnologistas contemporâneos foram por ele sempre demandadas, contribuindo sobremaneira para a evolução da própria técnica em si, como aponta Katinsky (2007).

Ao assumir um fazer projetual que primou por ousadia estética, identidade própria e concepção de projetos autorais, Oscar Niemeyer estabeleceu novos vocabulários arquiteturais e construtivos, constantemente revisitados e reaproveitados em suas próprias obras. Sua atuação incessante até os últimos dias de vida também acompanhou e inspirou o ritmo imaginativo e renovador das novas gerações de arquitetos e de engenheiros de gerações futuras.

Cabe destacar que até a meados do século passado, tanto as propriedades e as características do concreto armado quanto sua aplicação em estruturas delgadas (como as cascas curvas) não estavam plenamente desenvolvidas. As experimentações conduzidas por Eduardo Torroja e por Felix Candela (bem como as próprias obras de Oscar Niemeyer, posteriormente) foram de grande relevância para o exercício do uso do concreto armado, em especial na aplicação na construção civil.

Tal foi a relevância niemeyeriana nesse contexto histórico que este estudo tem como objetivo analisar três obras relevantes da Arquitetura Moderna brasileira construídas entre 1940 e 1962, discutindo as principais características que permitiram que elas fossem reconhecidas como obras notáveis, sempre enfatizando a parceria entre Arquitetura e Engenharia Civil.

Dois dos edifícios aqui considerados foram desenhados por Oscar Niemeyer: no Rio de Janeiro, a sede do Ministério da Educação e Saúde (MES) (de 1945), calculada pelo engenheiro Emílio Baumgart; e, em Belo Horizonte, a Capela do Conjunto Arquitetônico da Lagoa da Pampulha (de 1943), estruturada pelo engenheiro civil Joaquim Cardozo. A terceira obra, por sua vez, tem como mérito colocar-se como uma representante da influência de Niemeyer em outros projetos. No caso, no do arquiteto e urbanista carioca Hélio Modesto e em suas claras referências às curvas niemeyerianas presentes na obra do Hipódromo Guanabara (erguido no Rio de Janeiro, em 1962), que contou com a colaboração do engenheiro civil Arthur Eugênio Jermann.

Este estudo, portanto, coloca em pauta a atuação conjunta entre arquitetos e engenheiros, com ênfase no processo construtivo, nas interferências entre projeto e estrutura e na análise do desenvolvimento técnico ocorrido no recorte considerado (de 1930 a 1962). A análise é conduzida pela discussão técnica e pelo destaque dado à ousadia estrutural em concreto armado, delineando uma investigação que aborda desde as estruturas planas para pequenos vãos até as estruturas curvas de maior complexidade projetual e construtiva.

O método parte da seleção dos três estudos de caso anteriormente mencionados, todos alicerçados nos princípios do

movimento moderno. Passa por um levantamento bibliográfico sobre eles e a seguir busca construir uma análise crítica projetual também guiada pelas visitas realizadas. Como instrumento de análise técnica, optou-se pelo redesenho e pela modelagem tridimensional das obras com apoio tanto na literatura disponível e nas imagens de satélite quanto na percepção espacial real dos locais ora visitados.

Ministério da Educação e Saúde (MES)

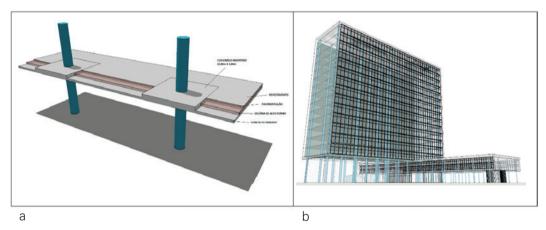
O edifício do Ministério da Educação e Saúde é um dos principais símbolos da Arquitetura Moderna brasileira e mundial, fruto do projeto desenvolvido pela equipe de arquitetos chefiada por Lúcio Costa (na qual esteve presente o então novato Oscar Niemeyer), e sob a consultoria do mestre franco-suíco Le Corbusier.

No panorama em constante efervescência vivenciado pela construção civil à época, merece destaque o engenheiro civil Emílio Baumgart (1890-1943), peça-chave no cenário nacional durante a primeira metade dos anos 1900. Desde meados da década de 1910, quando ainda era estudante de Engenharia Civil na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, o catarinense Baumgart trabalhou em empresas do segmento construtivo. Iniciou sua carreira em um estágio na construtora do engenheiro alemão Lambert Riedlinger, empresa sediada no Rio de Janeiro desde 1911. Após formado, Baumgart foi levado pelo mesmo Riedlinger para a Wayss & Freytag, companhia na qual teve a oportunidade de aprimorar os seus conhecimentos de cálculo estrutural em concreto armado e de profissionalizar o seu talento inato para a área de exatas até o ano de 1923, quando optou por abrir seu próprio escritório.

Tomando o Ministério da Educação e Saúde como exemplo, observa-se que os princípios do "sistema dominó" e do "estilo internacional" foram materializados e adaptados a essa obra com a valiosa participação de Baumgart. Vasconcelos (1985) explica que o engenheiro catarinense foi motivado a inovar na aplicação das técnicas do concreto armado para que os novos conceitos modernos enfatizados no projeto de arquitetura pudessem ser ressaltados quando da obra finalizada. Uma vez que as raras normas de construção vigentes na década de 1930 não atendiam às solicitações estruturais necessárias a esse edifício, Baumgart motivou-se a driblá-las e a tomar para si o desenvolvimento dos cálculos e das soluções estruturais, com base em sua própria experiência profissional e em sua capacidade empreendedora de propor soluções jamais adotadas. Tornou-se, assim, o único responsável técnico gabaritado para um desfecho construtivo do edifício carioca perfeitamente alinhado à proposta arquitetônica moderna. Os feitos de Baumgart são anteriores à edição da primeira Norma Brasileira de concreto, a NB-1 "Projeto e execução de obras de concreto armado" publicada apenas em 1960.

As principais variáveis estruturais que exigiram uma dedicação mais incisiva de Baumgart relacionaram-se ao sistema de contraventamento do edifício e à solução técnica adotada para as lajes planas sem vigas e de espessura reduzida (que demanda-

ram condições ideais de resistência à punção). A solução encontrada para valorizar o projeto de arquitetura foi aplicar a laje pilzdecken, isto é, lajes cogumelo invertidas (derivadas dos estudos anteriores de Robert Maillart e, pela primeira vez, especificadas em território nacional). Tais elementos estruturais foram, neste caso em específico, projetados de uma forma não usual, na qual os capitéis foram embutidos dentro das próprias lajes, na região de maior tensão (no entorno do encontro delas com as colunas). Para aliviar possíveis problemas decorrentes dos efeitos das punções, Segre (2013) explica que o engenheiro calculista previu um reforço na malha de aço nos pontos de apoio das lajes sobre os pilares, constituindo aí um elemento quadrangular de 4,8 metros de lado e de 10,0 centímetros de altura completamente camuflado na espessura total da laje, conformando, assim, o "cogumelo invertido de apoio superior" (SEGRE, 2013, p. 360), como visto na figura 1-A.



Completa o mesmo autor que, de acordo com a localização no edifício e em função dos carregamentos recebidos, Baumgart determinou a espessura das lajes variando entre 10,0 e 20,0 centímetros. Nos casos pontuais e mais exigidos estruturalmente, elas chegaram a atingir de 30,0 a 50,0 centímetros, sendo preenchidas por uma mistura leve composta de cimento e escória de alto-forno – o que acabou por preservar a espessura uniforme média em toda a extensão e por liberar a passagem das tubulações de serviços (instalações elétricas e de telefone), porém, sem acréscimo significativo no peso estrutural como um todo. Criou-se, assim, "o teto plano contínuo, sem interrupções, assumido como um 'sexto plano', que facilita a transparência e a flexibilidade interna e a autonomia das fachadas" (SEGRE, 2013, p. 359), como apresentado na figura 1-B.

O sistema estrutural do edifício foi desenhado como autônomo, retirando das vedações a responsabilidade tanto pelo suporte da edificação quanto pelo caminhamento das cargas descendentes, o que trouxe mais leveza e considerável amplidão ao Ministério da Educação e Saúde. Citando Lúcio Costa e seu ponto de vista favorável à técnica do concreto armado e à ossatura independente:

A nova técnica reclama a revisão dos valores plásticos tradicionais. O que caracteriza e, de certo modo, comanda a trans-

Figura 1 • Ministério da Educação e Saúde (MES). a. detalhe do engrossamento na laje, junto ao pilar, gerado pelo capitel embutido. Uma camada de escória de alto forno preenche as demais regiões da estrutura, mantendo-a uniforme. b. perspectiva esquemática do MES, a partir do qual percebe-se o alinhamento horizontal e vertical dos pilares, além das lajes, planas e contínuas em toda sua extensão.

formação radical de todos os antigos processos de construção – é a ossatura independente.

Em todas as arquiteturas passadas, as paredes de cima para baixo do edifício eram cada vez mais espessas até se esparramarem solidamente ancoradas no solo - desempenharam função capital: formavam a própria estrutura, o verdadeiro suporte de toda a fábrica. Um milagre veio, porém, libertá-las dessa carga secular. A revolução, imposta pela nova técnica conferiu outra hierarquia aos elementos da construção, destituindo as paredes do pesado encargo que lhes fora sempre atribuído e do qual - seja dito a bem da verdade - souberam desempenhar-se a contento e com inexcedível dedicação. Embora essa destituição possa representar – sob o ponto de vista estritamente "moral" – um rebaixamento, necessário se torna, no entanto, convir que, em idade tão avançada e na contingência de precisar resistir a esforços sempre maiores - mantê-las no cargo seria expor-se a surpresas desagradáveis de consequências imprevisíveis. A nova função que lhes foi confiada - de simples vedação - oferece, sem os mesmos riscos e preocupações – outras comodidades.

Toda a responsabilidade foi transferida, no novo sistema, a uma ossatura independente, podendo tanto ser de concreto armado quanto metálica (COSTA, 1995, p. 112).

Desde os primeiros esboços do projeto do MES, Lúcio Costa adotou a questão estrutural como premissa arquitetônica, na qual o esqueleto destacado do edifício deveria ser sutilmente exibido e percebido nas fachadas por meio das extensas transparências externas. Ao observador mais cuidadoso seria possível notar, a partir daí, que a modulação dos pilares não era única, pois se acomodaria aos diferentes volumes construídos em razão das dimensões e das cargas suportadas.

Segre (2013) mostra ainda que a distribuição modulada dos pilares colaborou para um entrosamento cuidadoso entre ambos os volumes edificados que formam o MES. Se, no mais alto, o espaçamento de pilares foi compassado a cada 6,0 metros, no mais baixo, esse intervalo passou a ser estendido para 7,0 metros. Na área estabelecida pela intersecção de ambos, a modulação assumiu a dimensão de 8,0 metros, o que praticamente não seria notado no salão de exposições, uma vez que a paginação dos pilares coincidiria com o fechamento externo do núcleo rígido. As demais colunas, por sua vez, repousaram escondidas ao longo das vedações perimetrais das instalações do auditório. Sobre ambas as malhas estruturais de diferentes modulações presentes nos volumes que compõem o Ministério da Educação e Saúde, Queiroz (2007, p. 75) diz que

Com o rompimento da trama regular de pilares, estão transgredidas tanto a lógica corbusiana que rege as relações entre as massas puras no espaço como a própria regra do esquema Dominó. A trama se sujeita à forma arquitetônica no momento em que a sequência de pilares se abre para receber o volume trapezoidal do auditório. Nesse instante, inverte-se um pressuposto

corbusiano da forma que se condiciona à retícula regular de pilares. No caso do projeto brasileiro, a retícula é esgarcada para adaptar-se à forma.

Para Vasconcelos (1985), além da resolução da problemática relativa às espessuras das lajes que deveriam remeter a planos contínuos e sem vigas e, por assim dizer, uniformes por todo interior da edificação, o sistema de contraventamento também se colocou como mais uma variável estrutural que pressupunha uma proposta inovadora para que o projeto arquitetônico original se mantivesse o mais fidedigno possível. Para a concepção estrutural resistente aos esforços dos ventos, Baumgart considerou que, em razão não só de as paredes do pavimento térreo encontrarem-se recuadas em relação às demais dos andares superiores, mas também de terminarem junto aos topos dos pilotis, seria necessário assumir as lajes como extensas vigas horizontais apoiadas tanto nas empenas cegas laterais quanto no núcleo rígido de circulação vertical. A partir deste sistema de travamento (inovador à época e atualmente largamente difundido), os esforços seriam transferidos em sua totalidade para esses mesmos elementos enrijecedores por meio de uma laje mais espessa, estrategicamente posicionada no teto do piso térreo, como visto na figura 2-A.



а

Para garantir uma resposta adequada aos esforços gerados pela ação dos ventos, o engenheiro Baumgart optou por um sistema casado de elementos resistentes: por um lado, junto às grandes empenas cegas laterais, as colunas de canto que acabaram por vencer toda a altura do prédio foram duplicadas, permanecendo separadas entre si por um pequeno vão de 130,0 centímetros, como mostrado pela figura 2-B. Por outro lado, o núcleo rígido que abrigaria elevadores e escadas foi estruturado em concreto armado maciço e potencializou, por sua vez, o sistema de travamento do edifício como um todo. Colaborou para a coesão estrutural, o sistema de engastes entre a laje suspensa do solo e a colunata perimetral, ambas junto ao salão de exposições. Nesse ponto, o contato entre diferentes elementos foi feito por intermédio de peças

Figura 2 • Ministério da Educação e

a. livre circulação reforçada pelos pilotis de aproximadamente 10,0 m de altura.
b. interseção entre os dois volumes que compõem o Ministério da Educação e Saúde (MES), no Rio de Janeiro, e vista parcial do sistema de contraventamento do lado externo.

Fonte: fotos dos autores.

Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, v.23, n.32, 1º sem. 2016

resistentes aos esforços cortantes, tecnicamente conhecidas como mísulas (ou cachorros).

A partir da contribuição do engenheiro calculista para o edifício carioca, Niemeyer sentiu-se motivado a investigar com mais afinco os princípios da engenharia de estruturas. Por meio do contato com Emílio Baumgart, teve a oportunidade de se familiarizar com a leveza das lajes sem vigas de suporte. Percebeu, como também explica Segre (2009), que, a partir de soluções estruturais criativas, praticamente não haveria limites para o uso do concreto armado e que as fronteiras de sua imaginação, já bastante fértil à época, poderiam, portanto, ser estendidas exponencialmente. Compreendeu, por fim, que seria possível trabalhar com formas livres sem as restrições impostas pelos componentes modulares fixos tão usados até então.

Capela de São Francisco de Assis

No início da década de 1940, com o Conjunto Arquitetônico da Lagoa da Pampulha (Belo Horizonte), o amadurecimento arquitetônico de Niemeyer concretizou-se pela utilização mais enfática de elementos de formas curvas, adotados no Cassino (representados pelo volume que abrigaria o restaurante e a pista de dança), tanto no corpo principal quanto na marquise sinuosa da Casa do Baile, e na cobertura do edifício mais emblemático desse conjunto de obras: a Capela de São Francisco de Assis. Aqui, o arquiteto tirou partido das curvas para opor-se à ortogonalidade exacerbada da Arquitetura Moderna praticada até então, assumindo, em última instância, uma liberdade de projeto fundamentada na plasticidade do concreto armado e na ressignificação dos ensinamentos herdados de Le Corbusier e de Lúcio Costa.

Cumpre admitir que o resultado arquitetônico positivo alcançado pelo conjunto da Lagoa da Pampulha somente foi conquistado mediante o trabalho integrado de diferentes profissionais de áreas diversas que, a partir de suas experiências anteriores, uniram-se em favor de um único empreendimento. Para a construção, foi chamada a Construtora Rabello S.A., vinda de Diamantina. A parceria com essa empresa rendeu frutos positivos, tanto é fato que ela posteriormente foi uma das contratadas para participar de algumas das obras de Brasília no fim da década de 1950, especificamente construindo os palácios da Alvorada e do Supremo Tribunal Federal. No que tange ao cálculo estrutural, a equipe capitaneada por Niemeyer convidou o engenheiro civil recifense Joaquim Maria Moreira Cardozo (1897-1979), antigo conhecido dos tempos do SPHAN do Rio de Janeiro. Foi este o início de uma parceria pessoal e profissional mais ativa e próxima que se estendeu por anos e que rendeu vários edifícios canônicos à Arquitetura brasileira.

Além de ser um profissional que dominava diversos campos do conhecimento (literatura, poesia, teatro, artes plásticas, topografia, engenharia, teoria e história da Arquitetura) e que lecionava e atuava como engenheiro calculista de estruturas arquitetônicas, Rebello e Leite (2007) sugerem que Cardozo possivelmente detivesse uma maneira muito própria e característica de trabalho, especialmente no que diz respeito à concepção de tipos estruturais. Isso pode ser demonstrado nas oportunidades em

que ele não aderiu às normas técnicas de edificação vigentes à sua época em prol de alcançar soluções estruturais inéditas que mais bem se adaptassem, no seu entender, aos projetos arquitetônicos inovadores dos quais estava participando.

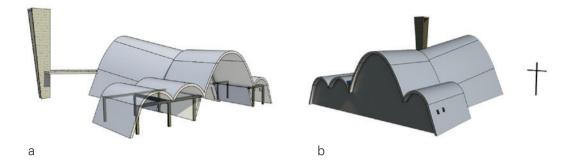
A Pampulha se mostrou como a chance de Joaquim Cardozo traduzir a poética niemeyeriana em realidade solidificada, como ele mesmo acreditava. Os mesmos autores colocam ainda que isso não significa dizer que desconsiderasse ou desprezasse os cálculos estruturais normatizados, mas, sim, que especulasse novos campos de atuação e que propusesse, sempre que possível, inovações matemáticas e construtivas jamais usadas.

De todas as curvas do conjunto de Pampulha, destacam-se as das coberturas em formato de abóbada parabólica da Capela de São Francisco de Assis, implantada às margens da lagoa. Nela, não haveria mais (ao menos não claramente) as releituras do purismo corbusiano, representadas pela tradicional tríade viga-pilar-laje, como nos projetos do Cassino, da Casa do Baile e do late Clube, todos integrantes do Conjunto da Pampulha. Tratava-se, sim, de uma solução estrutural de casca paraboloide de seção variada para o corpo principal, no qual instalou a nave. De acordo com Pereira (2012), essa parábola principal foi erguida com 19,90 metros de comprimento, sendo que, em seu ponto mais elevado, frontal, apresentou 9,11 metros de altura contra os 6,57 metros da parte posterior.

A construção, por sua vez, incorporou diferentes tecnologias. As cascas maiores são autoportantes e trabalham pela forma, entretanto as pequenas cascas posteriores, as quais abrigam a sacristia, a secretaria, a sala do padre, a loja e os demais ambientes reservados, foram apoiadas em pilares e vigas recuados do plano da fachada (figura 3-A), criando um pequeno balanco (MACEDO, 2008, p. 181). Cardozo (1955, p. 112) cita que as cascas curvas abobadadas permitem uma maior liberdade projetual com uma infinidade de composições, mas exigem, para sua estabilidade, "elementos de travamento e fechamento... semelhante ao arco botante do estilo gótico". Portanto, na capela, as abóbadas menores funcionam como contrafortes das centrais. Pereira (2012) realizou uma inspecão in loco, com um pacômetro, um instrumento que detecta metais, localizando a posição dos pilaretes existentes nas pequenas cascas da edificação. Os desenhos em três dimensões permitem a visão geral e a interpretação da estrutura da Capela de Pampulha (figuras 3-A e 3-B, a seguir), cuja base repousa sobre laje *radier*, não destacada nos desenhos.

Uma das abóbadas maiores foi alocada de forma a sobrepor-se à casca principal, causando um pequeno desnível de elementos arquitetônicos e estruturais (Figuras 4-A e 4-B) de modo a permitir a entrada de luz natural, difusa, diretamente sobre a nave central e sobre o amplo painel de Cândido Portinari intitulado "São Francisco se despojando das vestes", situado logo atrás do altar. As curvas abobadadas seriam tão importantes para o desenvolvimento conceitual desse projeto que "Niemeyer faz do desenho da abóbada o desenho do próprio edifício" (QUEIROZ, 2007, p. 285).

Internamente, a cobertura de maior dimensão foi revestida por um forro de madeira e acolheu um programa considerado tra-



dicional às antigas igrejas brasileiras: ao pé da porta principal, o batistério. A seu lado, uma escada helicoidal conectou-se à tribuna do coro, posicionada em um mezanino retilíneo com vãos livres em ambos os lados maiores. Uma cortina de vidro transparente que permite amplas visuais para a Lagoa da Pampulha cobriu toda a fachada frontal, porém a parte superior permaneceu protegida por quebra-sóis verticais situados da linha de piso do mezanino até o contorno inferior da grande laje arqueada. No final da nave, um par de púlpitos foi disposto nas extremidades do retábulo, como que a emoldurá-lo. Não foram definidos corredores laterais que percorressem longitudinalmente a capela, pois Niemeyer decidiu abraçar em um só vão, contínuo, todo o espaço interior. Na fachada posterior, encontra-se uma obra em azulejaria de Cândido Portinari, a qual traça uma retrospectiva da vida de São Francisco de Assis (figura 4-C).

Uma marquise de aproximadamente 17,0 metros de extensão, com desenho retilíneo em planta e inclinado em elevação, passou a proteger o acesso principal (figura 4-D). Sua extremidade mais baixa ainda toca o corpo frontal da Capela, sustentandose por dois pilares metálicos em forma de "V" que rememoram os suportes da marquise do Cassino. Do outro lado, na extremidade de cota mais alta, a delgada cobertura inclinada fatiou parcialmente o campanário, isolado, de formato de tronco de pirâmide invertido com 14,0 metros de altura, moldado em concreto armado e com uma treliça de madeira de trama irregular em toda sua extensão vertical. Em função do empuxo estrutural, as abóbadas desceram em extensões de reta até o chão, conferindo à pequena construção um feitio diferente e diametralmente afastado de "qualquer formulação do racionalismo do pós-guerra" (SEGAWA, 2010, p. 100).

Uma vez que, nesse projeto, as paredes já não fariam mais as vezes de suporte, é possível assumir uma expressão de criação mais acentuada e livre e que passou a indicar, por si só, um desdobramento inesperado e de associação derivada das premissas do "sistema dominó" como um caminho tentador e possível a ser trilhado pela Arquitetura brasileira, representada e liderada pela figura de Oscar Niemeyer. Naquele momento, o arquiteto percorria uma trajetória de plena ascensão profissional, na qual amadurecia paulatinamente seu traço, assumindo com o tempo uma posição de vanguarda ao investir em seu próprio vocabulário projetual. É uma fase de constante crescimento por um lado, mas também de contínuo aprendizado por

Figura 3 • Capela de São Francisco de Assis.

- a. esquema estrutural da Capela de São
 Francisco de Assis, na Pampulha. Ambas as cascas maiores são autoportantes.
- As demais, menores, sustentam-se com a ajuda de vigas e pilares recuados das fachadas.
- b. tomada perspectivada da fachada posterior da capela, com destaque para o conjunto de abóbadas menores.

outro. Cercou-se, por assim dizer, de tecnologistas dos mais competentes para, juntos, trilharem novos horizontes criativos e factíveis de serem construídos.

Um dos pivôs da ousadia projetual de Niemeyer foi seu amigo e parceiro, o engenheiro civil calculista Joaquim Cardozo, que se envolveu com a equipe de Pampulha já desde o início. Em diversas ocasiões, Cardozo incentivou o atrevimento estrutural das formas inventivas de Niemeyer e, para efetivá-las, concebeu detalhes construtivos específicos, bem diferentes tanto daquilo que se praticava em outros projetos quanto de suas experiências profissionais anteriores. A Capela de São Francisco de Assis representou, por assim dizer, o ensejo de erguer uma cobertura que resistiria pela forma, ou seia, um edifício cujo tracado deveria ser fiel à sua concepção como estrutura de suporte e ao caminhamento das cargas descendentes. Uma arquitetura verdadeira, como destacou o próprio Joaquim Cardozo, em 1955, na qual a relação entre carga e suporte tornar-se-ia clara e não preocupada em escamotear-se sob camadas de revestimentos a ela sobrepostos. É importante frisar que a verdade estrutural almejada por Cardozo (1955) se refere às grandes abóbadas. Já no caso das de pequenas dimensões, a opção por apoiá-las em pilares indica um exercício de resgate de técnicas construtivas mais antigas e tradicionais.

De acordo com Vasconcelos (1985), a dedicação extrema de Joaquim Cardozo ao seu trabalho espelhou um profundo respeito não apenas ao colega Niemeyer, mas também à Arquitetura Moderna tida como expressão técnica e cultural brasileira. Talvez isso explique, ao menos em parte, a investigação ininterrupta por novas soluções estruturais que evidenciassem os aspectos arquitetônicos e mantivessem intactas as novas propostas de cada projeto em particular. Disse Niemeyer (2000) que Cardozo nunca demonstrou reservas, preocupações ou sugestões sobre a necessidade de alterações de caráter econômico ou de cautela em relação às estruturas de seus projetos. Pelo contrário, encarava-as como desafios para acrescentar novas oportunidades de destacar suas características arquitetônicas por meio de técnicas e de tecnologias construtivas eficientes e competentes.

Em texto de 1955 sobre as obras de Pampulha, Joaquim Cardozo apresenta um ponto de vista que notadamente pousa nos ombros da Engenharia boa parte da responsabilidade pelo progresso na construção civil. Diz ele que

Todos esses resultados são reveladores de que a arquitetura brasileira, longe de paralisar-se em fórmulas exaustas, vai-se desenvolvendo com uma vitalidade surpreendente e uma riqueza de tendências e soluções bem compatível com os progressos da técnica e dos métodos construtivos (CARDOZO, 1955 citado por MACEDO; SOBREIRA, 2009, p. 114).

Segundo Recamán (1996), para esse pequeno edifício religioso, todo o programa foi atendido por apenas um volume, mesmo que seccionado. Diferentemente do que ocorrera nas demais obras da Pampulha, não existiu, neste, qualquer luta por manter harmônicos elementos conflitantes, diz o autor.

Tratou-se de uma arquitetura resultante de um único "elemento estrutural de concreto cuja forma define o volume", com as abóbadas determinando as estruturas em cascas curvas parabólicas (RECAMÁN, 1996, p. 179). Nessa fase, os elementos estruturais mais reconhecidos eram os arcos parabólicos muito utilizados como solução estrutural em obras de arte (em pontes ou em viadutos) e em grandes coberturas (em galpões, armazéns ou em hangares). O mesmo autor enfatiza ainda que Niemeyer deve ser reconhecido como o responsável por traduzir (ou por adaptar?) uma solução já aplicada em grandes estruturas para uma escala consideravelmente diminuta, quem sabe mais introvertida ou simples (porém jamais simplista).

Já Bruand (1997) afirma que Niemeyer não foi influenciado pela tradição histórica da Arquitetura brasileira ou estrangeira. Em sendo isso verdade, o resultado para a capela apontaria para uma outra direção. Logo, ao propor pela primeira vez um edifício que mesclasse forma e estrutura (rompendo, portanto, com a tridimensionalidade ortogonal da caixa modernista), é possível assumir que houve uma legítima preocupação do arquiteto carioca para com o importante papel adquirido pela engenharia de estruturas no desenvolvimento de novas tecnologias calcadas em possibilidades construtivas inovadoras e motivadas sobretudo pelos horizontes abertos a partir do acentuado desenvolvimento do concreto armado verificado naquele mesmo período. O conjunto de tais variáveis fez com que Niemeyer exercitasse essas mesmas possibilidades ao adotar a casca paraboloide como solução final de seu projeto para a pequena igreja de Belo Horizonte.

Figura 4 • Capela de São Francisco de Assis. a. vista da capela junto à Lagoa da Pampulha, com destaque para as abóbadas centrais de seções variadas. b. tomada aproximada do desnível de elementos arquitetônicos e estruturais que permitem a entrada de luz para o interior da capela.

 c. fachada posterior da obra, com arte em azulejaria concebida por Cândido Portinari.

 d. vista parcial do acesso principal, coberto pela marquise inclinada apoiada em delgados pilaretes metálicos.



Hipódromo Guanabara

As aplicações do concreto armado às estruturas em cascas possibilitaram a criação de espaços amplos com formas plásticas de grande impacto, como na obra niemeyeriana da Capela de São Francisco de Assis. A importância dos trabalhos realizados pela parceria de Oscar Niemeyer com suas equipes de tecnologistas ao longo dos anos seguintes rendeu inúmeros reflexos (mesmo que indiretos) dentro e fora do Brasil. Um desses casos remonta ao Rio de Janeiro do início da década de 1960, oportunidade na qual a construtora Montenegro S.A. ergueu o Hipódromo Guanabara, projetado pelo arquiteto e urbanista carioca Hélio Modesto com apoio do renomado engenheiro civil Arthur Eugênio Jermann, então diretor da empresa de Serviços de Engenharia Emílio Baungart Ltda. Ainda na mesma década, porém, a Associação Atlética Portuguesa adquiriu a área desse hipódromo, integrando-a e convertendo--a em sua atual sede esportiva.

As referências projetuais para essa obra remetem a diversos campos. Inicialmente, Hélio Modesto (1921-1980) graduou-se em 1946 pela Faculdade Nacional de Arquitetura no Rio de Janeiro, em um momento em que tal instituição passava por uma fase de forte influência modernista, em especial promovida por Lúcio Costa. Tanto é fato que, em 1945, ocorreu

A separação definitiva do Curso de Arquitetura da Escola de Belas Artes, sendo criada a Faculdade Nacional de Arquitetura pelo Decreto nº 7918, de 31 de agosto, que acabou sendo transferida para outro edifício, o antigo Hospício Pedro II, então recuperado, localizado na Praia Vermelha (BITTAR, 2015, p. 1).

Três anos depois de formado, Hélio Modesto frequentou, em Londres, um curso de pós-graduação focado em Urbanismo. Ao retornar ao Brasil, em 1951, ocupou posições importantes em órgãos públicos voltados às questões urbanas nacionais. Foi nesse mesmo período que participou de diversos projetos relevantes, como na "Comissão Nacional de Localização da Nova Capital (1955), na Comissão de Planejamento do Aterro do Flamengo e na equipe do PUB-Rio (1978)" (FREIRE; OLIVEIRA, 2002, p. 115), além de ter exercido um papel ativo no âmbito do então Estado da Guanabara e do Município do Rio de Janeiro.

No entanto, a trajetória de Hélio Modesto não se desenvolveu unicamente voltada ao urbanismo. Como aponta o depoimento da arquiteta Maria Clara Redig Campos (2008), Modesto era amigo e discípulo de Affonso Eduardo Reidy, do qual fora grande admirador. A relação entre ambos foi tão próxima que Reidy pessoalmente o convidou para projetar a passarela defronte ao Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro (MAM), em 1953. Quem sabe a relação entre ambos tenha reforçado em Modesto o interesse pelo desenho de edifícios dotados de clara expressão do sistema estrutural, como foi o caso de seu projeto para o Hipódromo Guanabara?

Outros estudos apontam que, neste caso, o arquiteto também buscou uma inspiração em Oscar Niemeyer. Tal paralelo é assinalado pelo Guia de Arquitetura Moderna do Rio de Janeiro, organizado por Jorge Czajkowki, em 2000, o qual traz um conjunto de obras mais relevantes da Arquitetura Moderna carioca, dentre as quais é citado o hipódromo. O mesmo autor enfatiza que a concepção do projeto, feita em cascas curvas parabólicas, alinha-se aos edifícios projetados por Oscar Niemeyer, em especial com a capela belo-horizontina de São Francisco de Assis (CZAJKOWKI, 2000). A escala e a inserção urbana do projeto de Modesto para Hipódromo Guanabara também remetem ao projeto não executado de Niemeyer para o Museu de Arte Moderna de Caracas: uma pirâmide de base quadrada invertida, projetada em 1954 (BRUAND, 1997).

Como discutido anteriormente, ao longo da primeira metade do século XX, as propriedades do concreto armado e a sua aplicação nas estruturas em cascas ainda não estavam plenamente desenvolvidas. Uma das mais relevantes contribuições para os estudos das cascas finas foi feita por Eduardo Torroja, a partir da criação, em Madri, de um centro de pesquisa experimental para investigar e desenvolver o concreto armado aplicado nas cascas curvas. Em 1959, foi fundada por ele a reconhecida Associação Internacional de Shell e Estruturas Espaciais (IASS), além do Colóquio Internacional para estudar e divulgar as estruturas de cascas (PEERDEMAN, 2008)

Já o engenheiro civil Arthur Eugênio Jermann foi aluno e professor na antiga Escola Politécnica do Rio de Janeiro. Atuou também como um dos diretores empresa de Serviços de Engenharia Emílio Baungart Ltda. e foi responsável pelo cálculo de diversas obras reconhecidas no Brasil, entre as quais o Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro (MAM) e a estrutura o estádio do Mineirão, em Belo Horizonte. É bem provável, pode-se dizer, que a parceria com Hélio Modesto tenha surgido nas reuniões de desenvolvimento dos projetos do MAM.

De acordo com a revista Acrópole (HIPÓDROMO..., 1962), o projeto para a cobertura da arquibancada do então Hipódromo Guanabara tem dimensões, em planta, de 120,0 metros de comprimento por 60,35 metros de largura. Para esse grande elemento arquitetônico-estrutural, optou-se pela composição definida por três cascas curvas de geratriz parabólica, que configuraram três elementos em flor, cada um vencendo 40,0 metros de comprimento longitudinal e em cujas extremidades foram dispostos dois balanços de 20,0 metros cada. No sentido da pista, apresentou-se um balanço mais proeminente, de 22,40 metros, integrado por uma estrutura auxiliar de 37,95 metros, ainda segundo a mesma publicação.

Devido tanto ao grande balanço quanto à assimetria arquitetônica do projeto, a estrutura de cada uma das flores foi tocada tangencialmente por uma extensa laje plana, ancorada no lado oposto por pilares lineares posicionados no plano ortogonal, espaçados a cada cinco metros e que potencializaram a estabilidade de todo conjunto construído, como pode ser observado na figura 5-A. A associação dessas duas estruturas criou, como resultado, um grande espaço coberto, hoje usado para eventos diversos da Associação Atlética Portuguesa, o qual se justapôs às diversas áreas de apoio ao empreendimento. Entre cada uma das três cascas foram instaladas juntas de dilatação, responsáveis pela repetição de cada elemento estrutural.

As figuras 5-A a 5-D foram modeladas com base nas informacões obtidas pela revista Acrópole, associadas à visita à obra e complementadas pelas análises das imagens de satélite. A figura 5-B apresenta a trama estrutural situada no plano superior da cobertura e observada a partir da vista de satélite. Analisando-a com cuidado, percebe-se que há, sobre a casca, uma complexa malha estrutural de nervuras horizontais e diagonais que atuam no nível superior das cascas, além de nervuras que agem como sistema de contraventamento (ou de tirantes), de modo a promover uma transição da estrutura curva para a linear. Esses elementos potencializaram a aplicação da estrutura de cascas esbeltas em grandes balanços, sem que a curvatura fosse duplicada. O sistema de sustentação da cobertura pode ser compreendido por meio de ambas as imagens isométricas cortadas da casca (figuras 5-C e 5-D), nas quais as nervuras principais estão inseridas. Vale ressaltar que, para um melhor entendimento, foram suprimidos alguns elementos, em especial os do plano superior da cobertura.

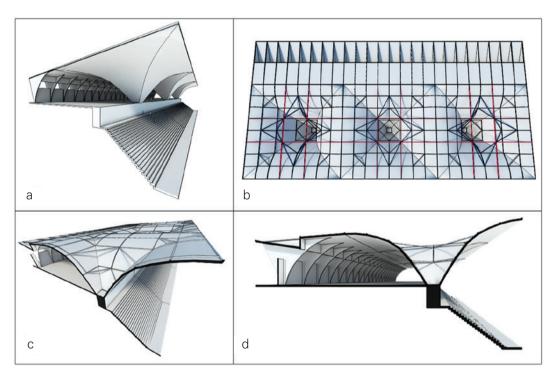
Figura 5 • Hipódromo Guanabara.

a. Estrutura abobadada em forma de flor que cobre a extensa arquibancada do projeto. No lado oposto, uma laje plana e um conjunto de pilares espaçados modularmente potencializam a estabilidade do conjunto construído.

b. malha estrutural situada no plano superior da cobertura, composta por nervuras horizontais e diagonais.

c. e. d. perspectivas isométricas que apresentam partedo sistema estrutural de sustentação e de travamento das cascas de concreto armado.

Fonte: elaborado pelos autores.



Internamente, a flexibilidade e a amplidão dos ambientes qualificaram esse projeto como uma aproximação também à obra do Museu de Arte Moderna carioca, de Reidy. Esse fato foi reforçado pelo respeito ao local e à topografia, gerando uma construção que pareceu se sobrepor às curvas do sítio de implantação, ao mesmo tempo em que, junto à antiga pista de corrida de cavalos (e atual campo de futebol), projetou o generoso balanço por sobre a vasta arquibancada.

É possível considerar que a obra do Hipódromo Guanabara se aproximou do Modernismo carioca ao trabalhar um projeto em concreto armado, assim como estabeleceu um diálogo com o brutalismo no momento em que se considerou tanto a estrutura

Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, v.23, n.32, 1º sem. 2016

quanto a envoltória como um elemento único (fato muito comum nas arquiteturas niemeyerianas). Além disso, a obra contou também com uma ossatura externa demarcada na entrada do projeto, representada pelos vários pórticos expostos e ritmados em compasso único. Quem sabe, devido à flexibilidade dos espaços e à forte expressão estrutural da construção, seja possível considerar que tais fatores sejam a real identidade e a expressão mais potente do Hipódromo Guanabara, hoje pertencente ao Clube Atlético da Portuguesa do Rio de Janeiro?

Por isso tudo, a concepção do projeto teve na solução estrutural a sua mais clara manifestação, uma vez que Modesto integrou as estruturas em casca com as estruturas planas lineares. Pode-se dizer que, em algum momento, as cascas curvas em balanço simbolizaram a expressão praticada anteriormente pelo arquiteto madrilenho Félix Candela. Porém sua forma em curva parabólica simples demonstrou um tributo mais enfático às arquiteturas brasileiras niemeyerianas.

A escamoteação intencional no nível superior de parte do sistema estrutural (algo muito presente nas construções de Niemeyer em Brasília) é também registrada nessa obra de Modesto, já que seu projeto exigiu um reforço estrutural único, posicionado longe dos olhos das pessoas e representado pelas nervuras aplicadas por sobre as cascas, justamente para evitar excessivas deformações do conjunto edificado. A adoção do concreto armado como material de construção para essa obra demonstrou, uma vez mais, o alto nível de desenvolvimento dos técnicos brasileiros, em especial os do escritório de Emilio Baumgart, em relação ao que se praticava em outros países, naquela mesma época.

A obra foi evidenciada no Jornal do Correio da Manhã de 21 de janeiro de 1962 como um "recorde mundial em coberturas do gênero", devido à ousadia da técnica empregada nessa fase para execução das cascas curvas em concreto armado, com apenas 8,0 cm de espessura final. Além disso, o jornal aponta a influência de Torroja devido à repercussão do congresso sobre as cascas curvas realizado em 1959, em Madri (LAVIOLA, 1962).

Na página seguinte, a figura 6-A mostra uma perspectiva atual e geral das três cascas que cobrem a arquibancada do antigo Hipódromo Guanabara, todas elas moldadas em concreto armado. A figura 6-B apresenta o amplo espaço interno destinado a receber eventos variados, com pilares de borda (à esquerda), locados a cada cinco metros como forma de promover mais estabilidade ao conjunto edificado. Na figura 6-C está o detalhe da casca em balanço e de sua respectiva junta de dilatação. Já figura 6-D traz uma visão parcial do ritmo estrutural cadenciado pelos pilares de borda, o qual marca a entrada principal da atual Associação Atlética Portuguesa.

Considerações finais

A análise das três edificações em ordem cronológica, com diferentes formas e complexidades estruturais, demonstra o grande desenvolvimento técnico que ocorreu nesse período, no Brasil. São elas obras reconhecidas devido à parceria entre



a Arquitetura e Engenharia Civil. Essa parceria pode ser observada primeiramente na construção da sede do Ministério da Educação e Saúde (MES) no Rio de Janeiro, erguida entre as décadas de 1930 e 1940. Por meio da performance ativa do engenheiro civil Emílio Baumgart, novos cálculos estruturais foram criados e incorporados ao edifício, configurando assim uma solução pertinente que buscou adaptar os princípios do "sistema dominó" e do "estilo internacional" às características concebidas no projeto arquitetônico do edifício carioca. Houve, por parte da equipe de tecnologistas participantes, um empenho constante em investir na aplicação das técnicas do concreto armado para que as novas ideias modernas enfatizadas no projeto do grupo de arquitetos brasileiros chefiados por Lúcio Costa fossem mantidas e plenamente ressaltadas quando da obra finalizada.

Situação semelhante de reconhecimento internacional ocorreu no início da década de 1940, no projeto da Capela de São Francisco de Assis, em Belo Horizonte, oportunidade na qual o arquiteto Oscar Niemeyer e o engenheiro civil Joaquim Cardozo, em um esforço de estreita parceira, trilharam uma investigação precisa sobre os novos horizontes que poderiam ser desvelados com o uso das técnicas do concreto armado desenvolvidas tanto fora quanto dentro do Brasil, especialmente ao adaptarem uma solução aplicada em grandes estruturas para uma escala propositadamente mais modesta. A novidade imputada à cobertura em casca em abóboda parabólica de seção variada sugerida por Niemeyer e integralmente apoiada por Cardozo materializou a primeira obra desse formato construída no País.

As teorias matemáticas e as normativas de cálculo estrutural aplicadas no Brasil naquele momento ainda estavam em elaboração e, por isso, precisaram ser contornadas; basta notar que a primeira norma brasileira sobre o assunto (a NB-1 "Projeto e execução de obras de concreto armado") foi publicada apenas em 1960.

Figura 6 • Hipódromo Guanabara. a. cobertura em casca de concreto, de geratriz parabólica.

b. perspectiva parcial interna da cobertura, na qual se nota o conjunto de pilares de borda espaçados a cada 5,0 metros.

c. sobre as arquibancadas, a cobertura em casca de concreto é projetada em grande balanco.

d. vista externa do antigo Hipódromo Guanabara, marcada pelo ritmo constante dos pilares de borda.

Ao assumir um fazer projetual que primou por ousadia estética, identidade própria e concepção de projetos autorais, Oscar Niemeyer estabeleceu novos vocabulários arquiteturais e construtivos, constantemente revisitados e reaproveitados em suas próprias obras. Sua atuação incessante inspirou o ritmo imaginativo e renovador das novas gerações de arguitetos. É o caso de Hélio Modesto que, ao conceber a grande cobertura do Hipódromo Guanabara, no início da década de 1960, investiu na importância do sistema estrutural ao adotar uma solução de forma curva vencendo generosos balanços por sobre uma extensa arquibancada existente. A parceria de Hélio Modesto com o engenheiro civil Arthur Eugênio Jermann permitiu a concepção das estruturas em cascas curvas esbeltas, reconhecidas como um recorde mundial, o que fez desse projeto um dos representantes da Arquitetura Moderna do Rio de Janeiro.

As três obras demonstram a grande contribuição da Arquitetura e da Engenharia brasileira na aplicação do concreto armado, e, em especial, no seu desenvolvimento e na sua utilização tanto nas obras modernas com elementos retos quanto nas estruturas em cascas curvas com diferentes complexidades, desde as obras em simples curvatura (na igrejinha da Pampulha) às formas de aparência complexa e ousadas no Hipódromo Guanabara.

Referências

BITTAR, William. História da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro. In: **Universidade Federal do Rio de Janeiro**. Disponível em: http://nova.fau.ufrj.br/index.asp?n1=1&n2=23>. Acesso em: 4. ago. 2015.

BRUAND, Yves. **Arquitetura Contemporânea no Brasil**. São Paulo: Perspectiva, 1997.

CAMPOS, Maria Clara Redig. Ecos do modernismo: A Guanabara e o Plano Doxiadis. *In:* FREIRE, Américo; OLIVEIRA, Lúcia Lippi (orgs). Novas memórias do urbanismo carioca. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2008, p. 132-152.

CARDOZO, Joaquim. Arquitetura Brasileira: Características mais recentes. **Revista Módulo**, Rio de Janeiro, n. 1, p. 6-9, 1955.

COSTA, Lúcio. **Registro de uma vivência**. São Paulo: Empresa das Artes, 1995.

CZAJKOWKI, Jorge (org.). Guia de Arquitetura Moderna no Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Centro de Arquitetura e Urbanismo do Rio de Janeiro, 2000.

FARIAS FILHO, J. A. Hélio Modesto em Fortaleza: ressonância e resistibilidade do urbanismo moderno. In: SEMINÁRIO DO-COMOMO N-NE, 2, 2008, Salvador. **Anais...** Salvador: Docomomo, 2008, v.1, p. 1-18.

FREIRE, Américo; OLIVEIRA, Lúcia Lippi (orgs). Capítulos da memória do urbanismo carioca. Rio de Janeiro: Folha Seca, 2002.

GLANCEY, Jonathan. Guia ilustrado Zahar de Arquitetura. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2012.

HIPÓDROMO Guanabara. **Revista Acrópole**, São Paulo, a. 24, n. 279, p. 73-77, fev. 1962.

KATINSKY, Júlio Roberto. Técnica e arte na obra de Oscar Nie-

meyer. **Revista Arquitetura e Urbanismo**, São Paulo, a. 22, n. 165, p. 56-63, dez. 2007.

LAVIOLA, Antônio Arlindo. A Semana do Engenheiro. Correio da Manhã, Rio de Janeiro, n. 21111, 21 jan. 1962. 4º Caderno, p. 2. Disponível em: http://memoria.bn.br/DocReader/DocReader.as-px?bib=089842_07&PagFis=25895>. Acesso em: 10 out. 2015.

MACEDO, Danilo Matoso. **Da matéria à invenção:** as obras de Oscar Niemeyer em Minas Gerais 1938-1955. Brasília: Centro de Documentação e Informação da Câmara dos Deputados, 2008.

MACEDO, D.; SOBREIRA, F. J. A. Forma estática, forma estética: ensaios de Joaquim Cardozo sobre Arquitetura e Engenharia. Brasília: Centro de Documentação e Informação; Edicões Câmara, 2009.

NIEMEYER, Oscar. As curvas do tempo. Rio de Janeiro: Revan, 2000.

PEERDEMAN, B. Analysis of thin concrete shells revisited: opportunities due to innovations in materials and analysis methods. 2008. 435f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculty of Civil Engineering and Geosciences Structural and Building Engineering Concrete Structures, Delft University of Technology, Delft.

PEREIRA, Nathalia Coelho. Concepção arquitetônica e estrutural de duas obras de Oscar Niemeyer: Igreja da Pampulha e Pavilhão da Gameleira. 2012. 48f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Estruturas e Construção Civil) – Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília.

QUEIROZ, Rodrigo Cristiano. Oscar Niemeyer e Le Corbusier: encontros. 2007. 229f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo.

REBELLO, Yopanan Conrado Pereira; LEITE, Maria Amélia D'Azevedo. O engenheiro das curvas de Brasília. **Revista Arquitetura** e **Urbanismo**, São Paulo, a. 22, n. 165, p. 92-99, dez. 2007.

RECAMÁN, Luiz. **Por uma arquitetura, brasileira**. 1996. 98f. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ROWE, Colin. Manierismo y arquitectura moderna y otros ensayos. Barcelona: Gustavo Gili, 1978.

SEGAWA, Hugo Massaki. **Arquiteturas no Brasil:** 1900-1990. São Paulo: EDUSP, 2010.

SEGRE, Roberto. **Ministério da Educação e Saúde:** ícone urbano da modernidade carioca (1935-1945). São Paulo: Romana Guerra, 2013.

SEGRE, Roberto. Oscar Niemeyer: tipologias e liberdade plástica. *In*: PORTZAMPARC, Christian de; SEGRE, Roberto (orgs.). **Tributo a Niemeyer.** Rio de Janeiro: Viana & Mosley, 2009, p. 163-175.

VASCONCELOS, Augusto Carlos de. O concreto no Brasil: recordes, realizações, história. v. 1. São Paulo: Copiare, 1985.

Recebido em 03/03/2016 Aprovado em 05/05/2016