Rafael Antonio Cunha Perrone
Maria Augusta Justi Pisani
Rafael Schimidt

Arquitetura e estrutura: leitura e dissecação do edifício da Oca do Parque Ibirapuera

Resumo

Com o objetivo de estabelecer relações entre o projeto de arquitetura e estrutura, este artigo revela uma investigação sobre o edifício da Oca, a partir de levantamentos de fontes gráficas até o início da investigação desconhecida. O trabalho se iniciou a partir de uma pesquisa sobre algumas estruturas projetadas pelo engenheiro José Carlos de Figueiredo Ferraz (1918-1994), cuja parte do acervo foi destruída devido a um incêndio. Muitos de seus trabalhos significativos de projeto de estrutura são conhecidos, como os edifícios MASP, FAUUSP, Faculdade de História e Geografia, ambas da USP, SESC Pompéia. A OCA, projetada por Oscar Niemeyer e equipe com o cálculo estrutural do Engenheiro José Carlos de Figueiredo Ferraz, no início dos anos 1950, foi a primeira das calotas construída nas obras do arquiteto e tornou-se muito utilizada em trabalhos posteriores. A pesquisa resgatou parte dos desenhos de projeto, o que tornou possível uma leitura das relações entre arquitetura e estrutura. O método empregou várias etapas paralelas e híbridas, envolvendo: busca de material iconográfico e documentos em arquivos e análises e redesenhos que expõem uma dissecação da estrutura do objeto de estudo. O texto se constrói por uma introdução sobre o Projeto da Oca no Parque Ibirapuera, seu desenvolvimento, observações sobre suas possíveis etimologias, sua forma e relações com a estrutura. Os resultados expostos revelam os avanços da arquitetura e engenharia brasileira manifestos nos anos 1950.

Palavras-chave

Projeto arquitetônico. Projeto estrutural. Oscar Niemeyer. José Carlos Figueiredo Ferraz. Oca Ibirapuera.

CC BY

http://dx.doi.org/10.11606/issn.2317-2762.posfau.2020.168162

ARCHITECTURE AND STRUCTURE: READING AND DISSECTION OF THE OCA BUILDING AT IBIRAPUERA PARK

Abstract

This article establishes associations between the structure and the architecture designs of the Oca building, through graphic sources surveys unknown until the investigation beginning. The research started from a survey on some structures designed by the engineer José Carlos de Figueiredo Ferraz (1918-1994), whose part of the collection was destroyed by fire. Many of his significant structural design works are known, as the buildings MASP, FAUUSP USP's Faculty of History and Geography, and SESC Pompéia. The Oca building, designed in the early 1950s by Oscar Niemeyer and his team, with structural calculations done by engineer José Carlos de Figueiredo Ferraz, the shell of the building was the first designed by the architect and became a widely used in his later works. This research rescued part of the design drawings, which made it possible to relate architecture and structure. The method used several parallel and hybrid phases: a search for iconographic material and documents in public and private archives, which represent a dissection of the structure of this case study. The text is constructed by an introduction about the Oca Project in Ibirapuera Park, its development, observations about its possible etymologies, its form and relations with the structure. The results shown reveal the advances in the Brazilian architecture and engineering manifested in the 1950s.

Keywords

Architectural design. Structural design. Oscar Niemeyer. José Carlos Figueiredo Ferraz. Oca Ibirapuera.

Introdução

O hoje conhecido edifício da OCA foi projetado por Oscar Niemeyer (1907-2012) e equipe[1] entre 1951 e 1953, como uma das cinco edificações que faziam parte do conjunto que compunha a área a ser construída no Parque Ibirapuera para os festejos do IV Centenário da cidade de São Paulo.

Inicialmente denominado como o Palácio das Artes ou Pavilhão Lucas Nogueira Garcez, abrigou, durante anos, o Museu da Aeronáutica e o Museu do Folclore (CAVALCANTI, 2017: p. 169). Hoje, após a reconfiguração do seu projeto inicial pelo escritório MMBB e o arquiteto Paulo Mendes da Rocha (1928 -), retornou a ser uma obra com destinação de espaço expositivo.

[1] A equipe era composta por Oscar Niemeyer, Zenon Lotufo, Eduardo Kneese de Mello e os arquitetos associados Gauss Estelita e Carlos Lemos.

Os estudos sobre a proposição e construção do parque relatam seu significado como manifestação da cidade de São Paulo, buscando a afirmação de seu desenvolvimento urbano, industrial, populacional e cultural (CURY, 2018), que ocorreu na década de 1950.

A proposição do Parque do Ibirapuera e seu significado para a cidade de São Paulo nos anos 1950, podem ser entendidos a partir do livro de Arruda (2001). A definição de sua área e a história e debate de seu projeto podem ser vistas no livro de Barone (2018) e na dissertação de Gurian (2014) sobre a "Marquise do Ibirapuera: suporte para uso indeterminado".

De fato, a construção dos pavilhões no parque – mesmo após diversas oposições – acabou por ser realizada como expressão da cidade que "mais crescia no mundo" e, segundo Barone:

> *Superados os entraves de representação de poder, era irresistível comemorar a pujança econômica de São Paulo por meio de sua soberania cultural. Tornou-se um uníssono. A partir do êxito da empreitada de 1954, era mais relevante apagar os vestígios dos conflitos e exaltar a modernidade da cidade em todos os campos, agora com um parque dotado de um complexo que unia natureza, lazer e cultura na maior e mais poderosa cidade do país.* (BARONE, 2009: sem pag.).

O trabalho de Andrade (2014) mostra que, desde o final dos anos 1920 e até 1948, outros estudos de parque vinham sendo pensados para a Várzea do Ibirapuera. Retomados e criticados em 1951 por Cristiano Stockler das Neves (1889-1982), o qual apresentou um novo projeto, ainda com configuração clássico-acadêmica e de acentuando caráter monumental.

Após as tratativas de Cristiano Stockler das Neves (1889- 1982), o presidente da Comissão do IV Centenário, Ciccillo Matarazzo (1898-1977), reconduziu a direção dos estudos com a aproximação de novas diretrizes voltadas à configuração de um parque de manifestação moderna, convocando arquitetos paulistas vinculados às novas filiações.

> *Em 20 de setembro de 1951, Ciccillo Matarazzo convida formalmente os arquitetos Rino Levi, Oswald Bratke, Eduardo Kneese de Melo, Ícaro de Castro Mello, Roberto Cerqueira Cezar, Carlos Brasil Lodi, Carlos Alberto Gomes Cardim Filho e Alfredo Giglio, sendo os dois últimos, respectivamente, Diretor do Departamento de Urbanismo e Diretor do Departamento de Arquitetura da Prefeitura Municipal para comporem a equipe de planejamento responsável por todas as comemorações.* (ANDRADE, 2004, sem pag.).

Essa equipe também teve seu trabalho descontinuado, pois não houve entendimentos bem definidos que estavam sendo realizados com o IAB (Instituto de Arquitetos do Brasil), sendo que, em breve tempo, os membros dessa equipe solicitaram afastamento.

A partir desse impasse, Ciccillo Matarazzo convidou Oscar Niemeyer para a confecção do projeto. Evidenciou-se, assim, na visão de Ciccillo, que o trabalho do arquiteto carioca estaria mais próximo de uma concepção moderna e mais condizente com a mensagem que o parque deveria externar.

Após a definição da nova equipe coordenada por Niemeyer, foram desenvolvidos estudos de implantação e das edificações, o que foi realizado em duas versões (Fig.1A e 1B). O primeiro estudo realizado pela equipe continha um conjunto de seis edificações básicas, articuladas por uma grande marquise que, além de estabelecer as ligações e caminhos entre elas, dialogava com o sítio e contorno dos lagos definidos para o local.

Essa primeira versão já previa a construção de uma grande calota que conteria parte do programa cultural do parque (auditório, salão de exposições, planetário) (Fig. 1C). A Revista Módulo de março de 1955 publicou as propostas de obras para o Parque Ibirapuera com todos os edifícios planejados, os quais, numa segunda etapa, por razões financeiras, acabaram por ser reduzidos em número e simplificados em suas formas (BRUNA, 2017).

O edifício da OCA e seu desenvolvimento

Primeiros momentos

A OCA (Inicialmente Palácio das Artes) foi descrita na Revista Acrópole de nº 191 como relevante dentro do conjunto das edificações propostas para o parque: "*a parte realmente extraordinária do ponto de vista da arquitetura, o Palácio das Exposições, é a cobertura ou cúpula propriamente dita – dizemos cúpula propriamente dita porque o prédio é uma grande cúpula"* (ACRÓPOLE, 1954, p. 493).

Embora o uso interno viesse a sofrer alterações (como de fato ocorreu) a solução espacial e volumétrica do edifício – desde a primeira versão apresentada no Documento do IV Centenário de São Paulo – surgia como uma grande calota que continha um programa envolvendo auditório, planetário e áreas de exposição (Fig.1C).

A segunda versão do projeto do edifício decorreu da eliminação do uso como planetário e foi definida apenas para a utilização como Palácio das Artes. Além

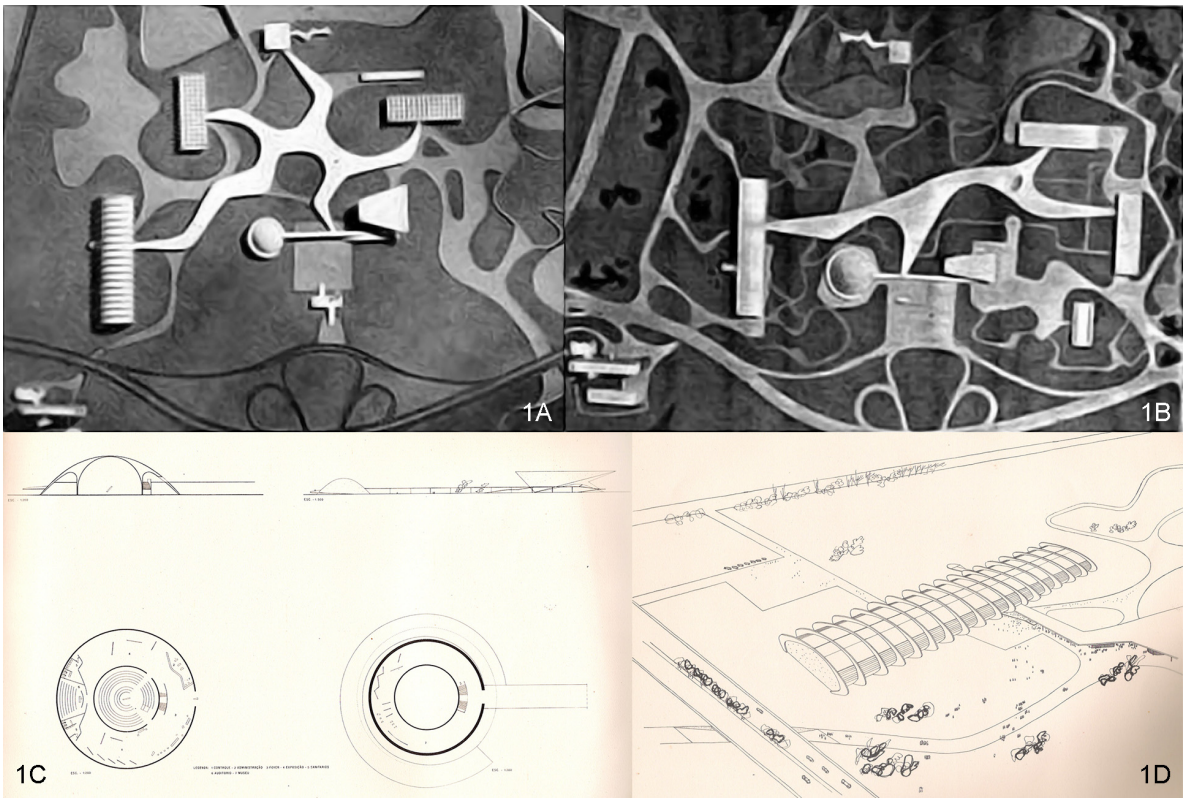


Figura 1

1A – Primeira versão da equipe de ON.
Fonte: Papadaki (1954).

1B – Segunda versão da equipe de ON.
Fonte: Papadaki (1954).

1C – Primeira versão do Palácio das Artes.
Fonte: Ante-Projeto da Exposição do IV Centenário (1952).

1D – Primeira versão do Palácio das Indústrias.
Fonte: Ante-Projeto da Exposição do IV Centenário (1952).

de tudo, foi reduzida em suas dimensões e modificada em função da limitação de recursos financeiros e de simplificações nos esquemas formais e construtivos adotados pela equipe, que no projeto foi reduzida à composição dos arquitetos Oscar Niemeyer, Hélio Uchoa, Eduardo Kneese de Melo e Zenon Lotufo.

Na nova implantação, o número de edificações foi reduzido e suas soluções estruturais que, na primeira versão, eram concebidas como exoesqueletos, cujos pórticos remetiam a arcos ondulados (Fig. 1D) – como Niemeyer já tinha utilizado em alguns projetos anteriores, como no projeto do Laboratório de ensaios do ITA (1947) e da Fábrica da Duchen (1951), conforme se observa na solução estrutural (Fig. 2A) da primeira versão apresentada para o projeto do Palácio das Indústrias (atual edifício da Bienal). Essa configuração pode ser remetida tanto à linguagem da arquitetura de Niemeyer à época quanto à participação do Eng. Joaquim Cardozo (1897-1978), personagem a destacar,

nas primeiras versões, pois, mesmo não sendo membro da equipe, acabou sendo o autor do texto de apresentação do projeto (Ante Projeto da Exposição do IV Centenário de São Paulo, 1952).

O que se observa na passagem da primeira versão do parque para a segunda é uma depuração das formas de todos os edifícios, os quais passam a ser definidos por sólidos mais regulares (sólidos prismáticos) e, com a eliminação do projeto do teatro, restou a marquise, também reduzida para o acesso aos edifícios restantes, preservando, ainda assim, o caráter orgânico da organização da composição.

A supressão do projeto do planetário interno ao Palácio das Artes (Fig.1D) conduziu à revisão do seu programa, ajustado para cumprir funções expositivas com apenas um auditório interno, porém seu formato de cúpula foi preservado, sendo eliminada a passarela em rampa que circundava o edifício e o conectava aos níveis de acesso do teatro (também eliminado naquele momento) e à marquise.

Etimologias possíveis e derivações reconhecíveis

A cúpula é uma das tipologias mais reconhecidas da arquitetura. Definida pela rotação de um arco, normalmente gerando um hemisfério ou ogiva, possui a propriedade de utilizar grande parte das forças de compressão que se desenvolvem ao longo de sua superfície, contendo, por essa qualidade, espessuras mais delgadas e, consequentemente, menor peso.

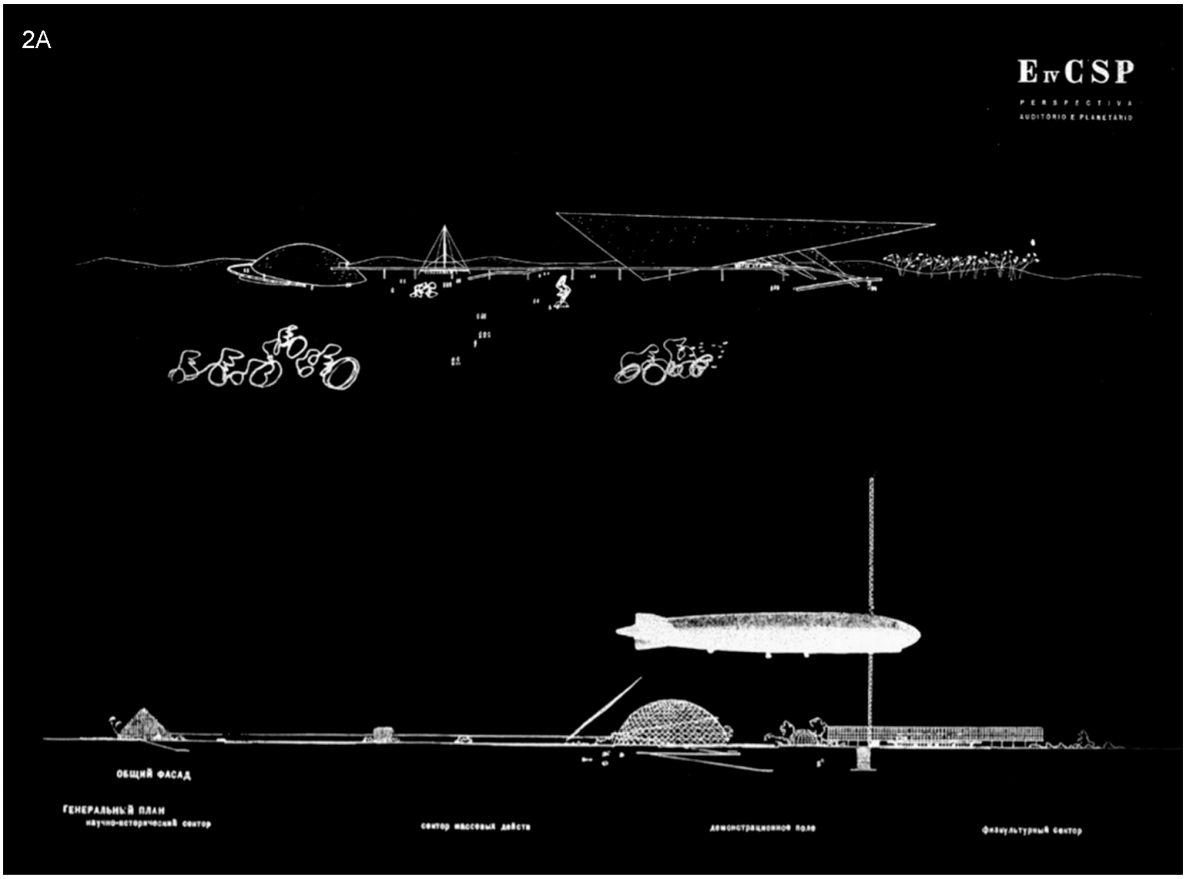
Sua utilização tornou-a um dos elementos tipológicos da arquitetura, a exemplo dos templos circulares da Antiguidade, nos quais a forma externa deriva de sua concepção estrutural. No caso das cúpulas, elas podem estar incorporadas a outras partes da construção, como ocorre no seu exemplar mais significativo: o edifício do Panteão de Agripa ou Panteão de Roma (Fig. 2B).

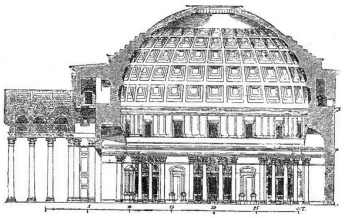
A força da expressão da cúpula está vinculada às possibilidades de construção de grandes vãos que possibilitam um amplo espaço de centralidade e reunião. Sua capacidade estrutural deriva da condução das forças da cobertura por meio de cargas por compressão em sua superfície ou casca. As cargas são recolhidas por elementos dispostos na sua extremidade, geralmente nas paredes laterais ou em apoios de pendentes (KOCH, 2009: 133).

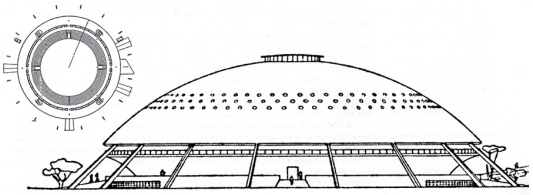
A adoção de cúpulas em grandes dimensões está ligada ao significado do local de reunião e, no caso do templo romano, à imagem do cosmo para a representação e veneração de todos os deuses.

Na casca do Panteão de Roma (Fig. 2B), as forças seguem o desenho da superfície e as espessuras desta se ampliam conforme aumenta a carga; para aliviar o aumento de peso, a sua parte interna é executada por meio de requadros em baixo relevo do lado interno (como os de uma colmeia), trabalhando como uma grelha de nervuras nos sentidos vertical e horizontal.

Os edifícios mais reconhecidos que se utilizam de cúpula geralmente a colocam em posição central apoiada em pilares, paredes ou transferindo cargas para pendentes ou outras cúpulas, como na Basílica de Santa Sofia, construída na




2B


2C

2D

Figura 2

2A – Vista dos edifícios do Parque Ibirapuera – primeira versão (1951) – Oscar Niemeyer e equipe – vista do projeto do Palácio para Cultura do Proletariado (1930) – arq. Ivan Leonidov – Montagem a partir de Gurian (2014).
Fontes: Ante Projeto da Exposição do IV Centenário e Sovremennaia Arkhitektura nº 5 (1930).

2B – Corte do Panteão.
Fonte: Brockhaus and Efron Encyclopedic Dictionary (1890-1907).

2C – Arena de Ginástica do Estádio Nacional, RJ (1941) Oscar Niemeyer.
Fonte: Marco do Vale (2000).

2D – Oca, por Oscar Niemeyer.
Fonte: Desenho dos autores a partir de imagem em J.C. Miguel.

capital do Império Bizantino, Constantinopla (hoje Istambul) entre os anos de 532 e 537.

A etimologia do Edifício da OCA pode conduzir a várias reminiscências: reinventa o domo ou cúpula, revisita a oca indígena (Fig. 2D), da qual Miguel (2002) apresenta um desenho de Niemeyer.

Pode também se referir a proposições da vanguarda russa, como o projeto do *Palácio da Cultura do Proletariado* (1931) dos irmãos Vesnin – Leonid Vesnin (1880-1933), Victor Vesnin (1882-1950) e Alexander Vesnin (1883–1959) – e várias propostas realizadas por Ivan Leonidov (1902-1959), como o projeto para o mesmo palácio (1930).

Os diálogos entre arquitetos ultrapassavam os limites dos países e, de alguma maneira, eram observados pelos mais perspicazes projetistas. O trabalho de Gurian (2014) apresenta uma dessas possíveis relações entre o projeto do Parque Ibirapuera e a obra supracitada de Leonidov (Fig. 2A).

Essa, não declarada pelo autor, alusão aos projetos de Leonidov e de outros arquitetos da vanguarda russa, pode ser observada pelo repertório acumulado por Niemeyer, inclusive por seu convívio com o partido comunista desde os 20 anos de idade (ZAPPA, 2007) e seu próprio relacionamento em seus diálogos arquitetônicos com Corbusier (QUEIROZ, 2017).

Para verificar esses reconhecimentos, o professor doutor pela ETSAM, Hernández Correa, cita um episódio do arquiteto franco-suíço nos anos 1930, quando se preparava para apresentar um projeto para o Concurso do Palácio dos Sovietes:

> *Leonidov admirava Le Corbusier e Corbusier admirava Leonidov. Dizem que o francês chegou a Moscou para apresentar-se no ignominioso concurso do Palácio dos Sovietes e perguntou se Leonidov participava. Responderam-lhe que não e ele esfregou as mãos: Então este está ganho* (HERNÁNDEZ CORREA, 2011, sem pag.) (tradução livre dos autores).

Outra referência do reconhecimento de Leonidov por Le Corbusier é encontrada no Livro *Pioneers of Soviet Architecture* (1987): "Le Corbusier chamava-o 'o poeta e a esperança da Arquitetura Construtivista Russa" (KHAN MAGOMEDOV, 1987, p.233) (tradução livre dos autores).

Antes da elaboração do projeto do Pavilhão da Oca, devem ser identificados, do ponto de vista de estruturas, alguns dos principais pioneiros no desenvolvimento de cascas de concreto armado: Pier Luigi Nervi, Eduardo Torroja Miret e Felix Candela.

Pier Luigi Nervi (1891-1979), como membro do corpo de engenharia do exército e de um grupo chamado "A Sociedade para a Construção de Concreto", após a Primeira Guerra Mundial e em 1926, projeta a casca de cobertura do Cine Teatro Augusteo em Nápoles (PIER LUIGI NERVI, 2018).

Eduardo Torroja Miret (1899-1961), um engenheiro de caminhos, portos e canais, foi projetista, professor e pesquisador, protagonista dos maiores avanços do concreto protendido na primeira metade do século XX. Suas pesquisas auxiliaram na elaboração das normas para o material. O Mercado de Algeciras, em Cádiz, Espanha, construído em 1934, é constituído por uma casca fina de

concreto armado protendido com a espessura mínima de 9 centímetros e 47,62 m de diâmetro.

Felix Candela (1910-1997) foi aluno de Eduardo Torroja, formado pela *Escuela Superior de Arquitectura* de Madri migrou para o México em 1939, onde desenvolveu várias cascas de concreto armado, tendo feito, em 1951, o Pavilhão dos Raios Cósmicos no Campus da Universidade Nacional do México (UNAM), sendo um experimento que colaborou com a formação e difusão das cascas de concreto (LEDESMA, 2008).

Nervi, Torroja Miret e Candela foram vanguardistas na construção de cascas de concreto armado e, certamente, alimentaram o conhecimento mundial na área. Tanto Niemeyer quanto Figueiredo Ferraz, provavelmente, conheciam essas experiências internacionais, tendo em vista que Figueiredo Ferraz era um grande pesquisador sobre concreto protendido na década de 1950 e Niemeyer já havia projetado, em 1941 (Fig. 2C), a Arena de Ginástica do Estádio Nacional no Rio de Janeiro. Porém, a casca da Oca, tanto na forma quanto na estrutura, é diferente e única – e essa constatação demonstra o pioneirismo dessa obra, que reuniu dois expoentes nas áreas de arquitetura e engenharia civil.

A Arena de Ginástica do Ginásio do Estádio Nacional do Rio de Janeiro é um domo que emprega colunas que o elevam a um nível acima do terreno, as quais, em sua continuidade, funcionam como nervuras de seu arcabouço.

O domo, sem as colunas de sustentação, sugere a adoção de partidos como os estruturais de Eugène Freyssinet (1879-1962) nos hangares de Orly (1923) e da própria Igreja da Pampulha (1940), projetos nos quais a cascas emergem diretamente do chão.

O projeto da oca (palácio das artes)

A casca que caracteriza o edifício comparece desde os primeiros desenhos de Niemeyer, mesmo com todas as modificações sofridas ao longo do tempo pelo conjunto do parque, das alterações dos demais edifícios e do programa a que seria destinado ao antigo Palácio das Artes. Seu formato de base circular e de calota foram mantidos, apenas a rampa que a circundaria e daria acesso ao teatro foi eliminada.

Essa forma de domo utilizada no projeto do Ibirapuera será transformada em um elemento marcante em várias futuras composições do arquiteto, dentre outras, o Palácio do Congresso em Brasília (1958), a sede do Partido Comunista Francês em Paris (1965), o Museu Nacional Honestino Guimarães em Brasília (1999) e o Centro Cultural do Principado de Astúrias, em Avilés (1999-2006), Espanha.

Sua geometria remete ao formato de semiesfera, embora, para Niemeyer, essa figura se adelgue em arremate por meio de superfícies (troncos de cone) tangentes para nascer ou se apoiar ao plano de base no qual é inserida.

No caso desse tangenciamento, não há como descobrir se houve alguma sugestão para a solução estrutural, em outra ocasião, é conhecida a conversa entre o calculista Joaquim Cardozo e Niemeyer durante uma madrugada, sobre

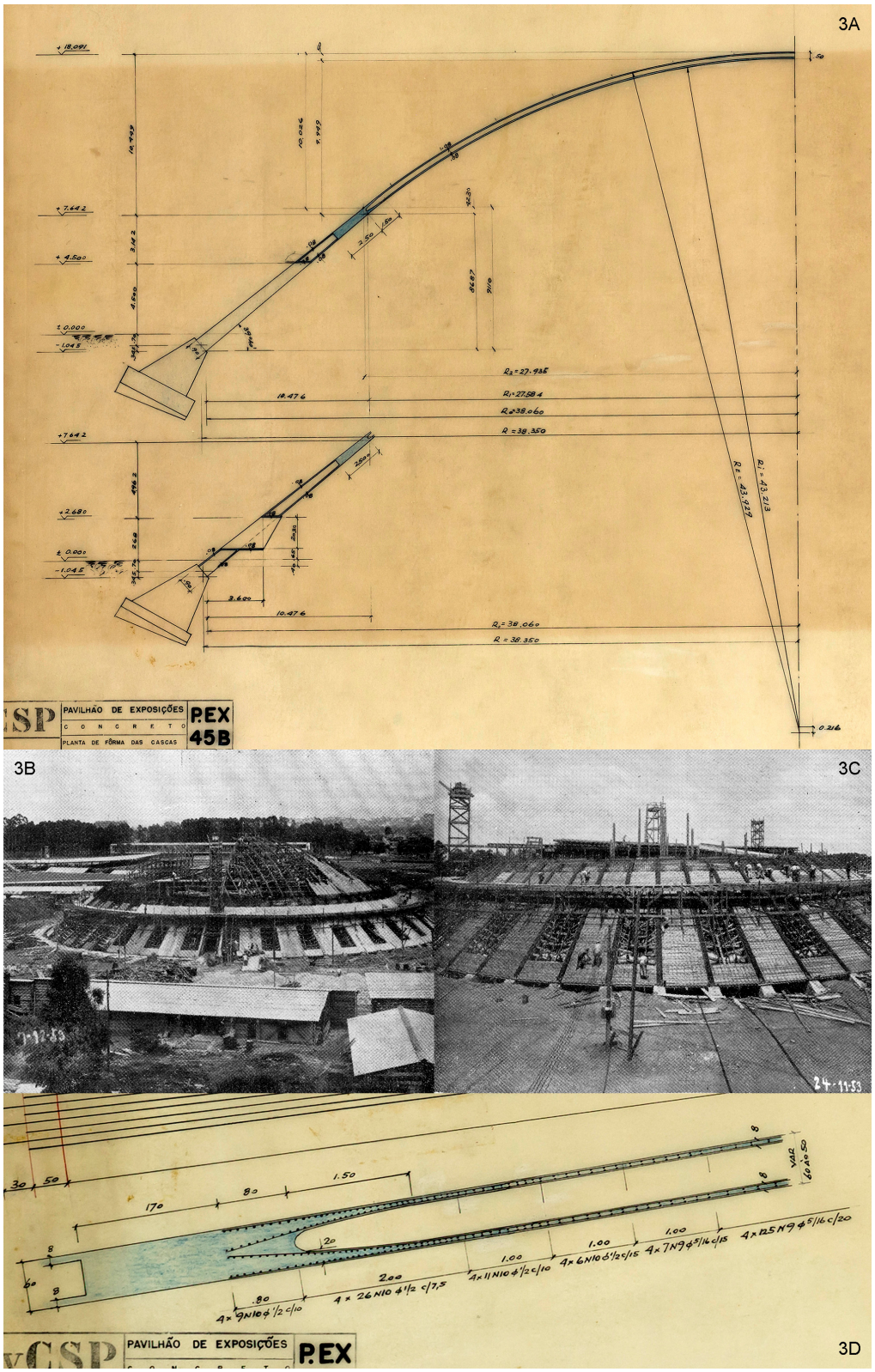


Figura 3

3A – Corte da estrutura da casca.
Fonte: Figueiredo Ferraz/Arquivo Municipal.

3B e 3C – Fotos da construção da OCA.
Fonte: Revista Acrópole nº 191 (1954).

3D – Detalhe da cinta e arranque da casca.
Fonte: Figueiredo Ferraz/Arquivo Municipal.

o pouso da calota da Câmara dos Deputados, no plano superior do edifício, como se encontra relatado num depoimento de Oscar, registrado em Utuari (2006):

> *Joaquim Cardozo: "Meu caro arquiteto, descobri!" e Niemeyer: "Ora, Joaquim, você descobriu o quê, a essa hora da noite?" Joaquim Cardozo: "Descobri a tangente que dará a impressão de que a cúpula que você projetou está pousada suavemente na laje"* (UTUARI, 2006: p. 8).

O projeto da OCA trata de uma casca com cerca de 76 m de diâmetro (Fig. 3A). Sua estrutura é uma cúpula de concreto armado, com um subsolo em anel que trabalha como cinta para receber os esforços da laje do pavimento térreo. Dentro da cúpula se encontram três lajes de formatos diferentes, que se apoiam numa estrutura independente suportada por pilares.

No projeto estrutural obtido, a cúpula possui duas cascas com raio externo de 43,213 m e interno de 49,929 m, medidas da parte inferior. A altura total da superfície em relação ao nível do solo é de 18,01 m, o tangenciamento ocorre a cerca de 7,64 m do nível do solo. É possível também constatar a cinta, com clareza, na foto obtida por ocasião da concretagem da parte inferior da cúpula (Fig. 3B, 3C e 3D).

As plantas dos três níveis das lajes internas possuem formas geométricas derivadas da subdivisão de figuras circulares que se reduzem, gradativamente, conforme se elevam em relação ao nível do térreo. A partir da laje do térreo, a qual, além dos pilares, se apoia no anel circular do arrimo que conforma o subsolo, as demais se apoiam sobre um conjunto de pilares que se reduzem em número a cada pavimento. As lajes internas, a partir do nível térreo, embora se estendam até a casca, não se conectam a ela e são tratadas como estrutura independente, conforme pode ser constatado na foto (Fig. 4B e 4C).

Em linhas gerais, o projeto do edifício se confunde com sua estrutura e pode ser compreendido pelos desenhos gerais de arquitetura (Fig. 4A).

A partir dos documentos encontrados, não se pode realizar uma reflexão sobre as conversas entre o arquiteto e o engenheiro, entretanto, algumas observações são verificáveis, como a necessidade de evitar que a estrutura da casca tanto interna como externamente se manifeste como uma calota de geometria de feição mais limpa, uma casca despida, sem a aparição de nervuras.

Esta solução de casca lisa ou sem nervuras aparentes é elaborada por meio de uma casca dupla com dimensão externa entre 50 cm e 60 cm e vão interno variável, conforme detalhe junto à cinta de concreto disposta para receber as cargas de superfície da cúpula, tanto as de compressão inclinadas como os necessários esforços de tração horizontal, realizando um cintamento (Fig. 3D).

No desenho de estrutura em meio-corte-meia-vista, constatam-se os raios de curvatura e os níveis das lajes, alguns dos vazios, alternâncias dos pés direitos e o percurso interno desenvolvido por meio da rampa.

A casca lisa cuja, composição uniforme não permite distinguir seus componentes ao conferir uma visão de espaço homogêneo, realiza a proeza de sugerir uma espécie de fundo infinito ou cosmos ao local. As lajes e seus formatos e vazios internos caracterizam e instauram um yin-yang espacial que é revelado aos visitantes que lá transitam por meio de um percurso elíptico ao atingir e percorrer os níveis das lajes internas à OCA (Fig.5).

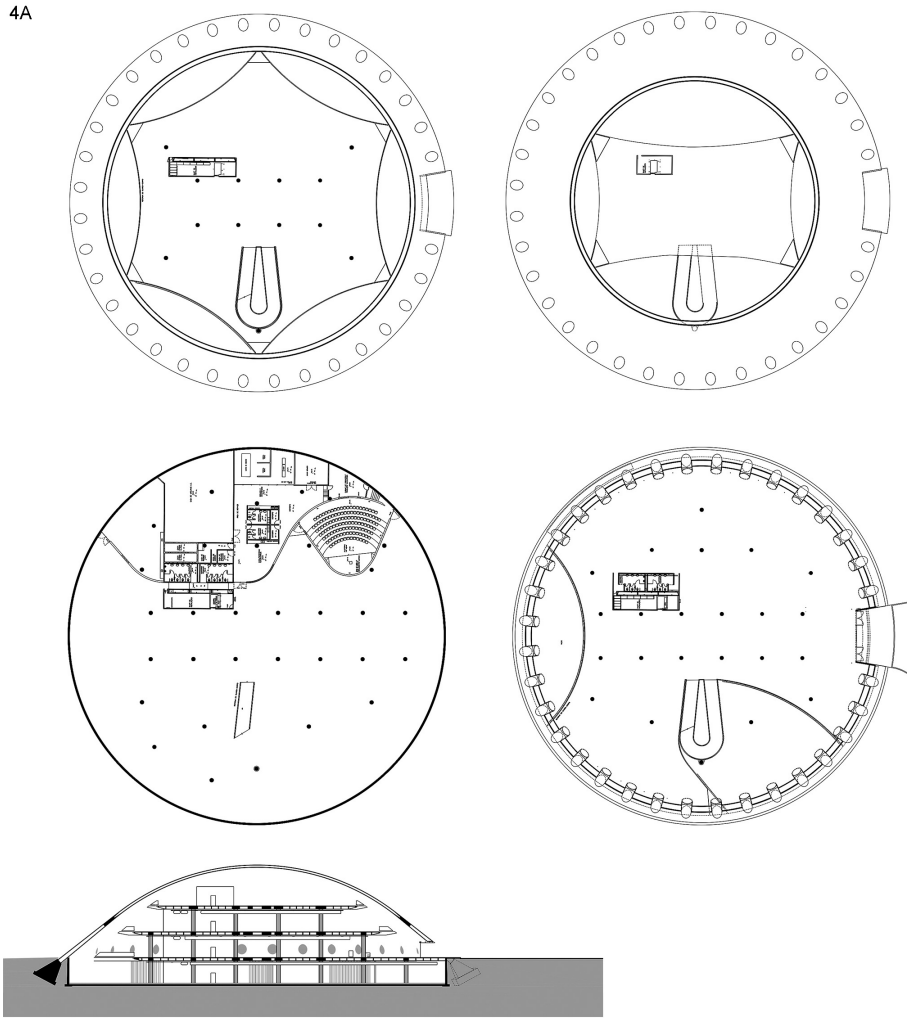


Figura 4

4A Plantas e corte da OCA (sem escala).
Fonte: Escritório MMBB (1999).

4B Lajes internas desencontradas da casca.
Fotos: Rafael Schimidt (2011).

Figura 5
5A 5B 5C 5D Percursos internos da OCA, yin-yang espacial e o pertencimento ao cosmos.
Fotos: Rafael Schimidt (2011).

As cúpulas mais conhecidas como as de igrejas ou templos contêm noções de céus ou de cosmos, ambientes que tentaram considerar a ligação dos homens com Deus ou os deuses, em sentido mais amplo, a harmonia entre o microcosmo do homem e o cosmos, estudada por Lester (2014) em seu ensaio sobre o desenvolvimento do desenho do Homem Vitruviano, realizado por Da Vinci.

O Panteon (latim *Pantheon*, do grego *pántheion,* ou templo consagrado a todos os deuses) estabelece a visão da cúpula como edifício de morada de todos os deuses. Na Idade Média, a geometria do espaço interno das catedrais estabelecia que: "a *obra da Catedral, por sua vez, sendo o reino de Deus na Terra, era projetada para reproduzir, através de sua geometria a estrutura do universo, para ser entendida como modelo físico desse cosmos*" (Sinson, 1991, p. 48).

Evidente que a cúpula ou o domo sempre estiveram associados a grandes lugares de reunião com interpretações variadas, mas sempre associadas ao

significado da cúpula, uma delas é a relativa ao projeto e construção a de Santa Maria del Fiore (1420-1436), na qual se encontra, ao mesmo tempo, um avanço da técnica construtiva aliado a um significado é compreendido como:

> *Uma estrutura não apenas portante, mas também perspectiva ou representativa, com suas nervuras que convergem para um ponto. Este ponto é representativo do infinito e, por isso, a estrutura arquitetônica é a própria estrutura espaço"* (ARGAN.1999, p. 135).

Entenda-se que o significado da cúpula, encimada pouco tempo após sua conclusão por meio de uma lanterna que é um pequeno templo clássico, torna-se um além de um organismo com centralidade cósmica e com a sobreposição de um elemento clássico sobre um prodígio de engenho moderno de Bruneleschi, definindo um sentido de acima dos céus, elemento que realiza a passagem entre o céu físico ao céu simbólico. Nesse sentido, também conteria a conjunção entre Florença moderna e a antiga Roma.

As Igrejas do seiscentismo podem ter seu espaço compreendido a partir do exemplo do projeto da Igreja *Madonna Del Monti* (Roma, 1580), o qual, comentado por BRANDÃO (2001) é expresso:

> *O espaço interior da Igreja onde prepondera a longevidade da nave congregacional, é expresso na plástica exterior que enfatiza área central da fachada. Ao fim da caminhada pela nave a cúpula domina a igreja e torna-se meta do movimento. Seu tamanho, muito mais que as igrejas do quattrocento, é expressão de um discurso persuasivo* (BRANDÃO, 2001, p. 141).

O domo da OCA não é o fim ou a meta de um percurso. O domo sem apoios, nascido do chão, é integro e não tem protuberâncias ou apêndices externos na fachada, seu percurso não se dirige por meio de uma linearidade, ao contrário, é elíptico. Não havendo óculo, lanterna ou nervura, não insinua um ponto no infinito, ou a um acima do céu, refere-se a um espaço confinado. Não induz diretamente a uma ascencionalidade perspéctica, mas a uma espécie de empíreo confinado, ainda, por seu piso inferior, conduz tanto ao telúrico como ao cósmico. O visitante, enquanto circula, não é persuadido em uma direção, mas é autorizado a participar de várias delas (Fig. 5C e 5D).

Ao contrário da maioria das coberturas em calotas situadas ao topo de uma construção na qual o ingressante só a observa distante ou por baixo, na OCA, ele adentra em seu espaço. Esse é o maior significado da OCA: o dos homens que penetram no cosmos, uma pertinência ao ambiente, ou melhor, uma impertinência como a de Prometeu ao roubar o fogo dos deuses. Homem que adentra no universo, talvez para realizar com os outros a visita, e o que se tornou a expressão conhecida como encontro de cúpula (Fig. 5A e 5B).

Em vista superior, a estrutura da calota é realizada a partir de uma divisão do círculo em 36 setores, cada um com ângulo de 10 graus. Para o acesso são utilizados dois setores que possibilitam a abertura de um vão no qual se aloja a entrada do edifício. Os demais 34 setores são destinados alternadamente à colocação de janelas em formato de tubos cilíndricos que se alinham pela superfície externa e se destacam no interior do edifício (Fig. 6A).

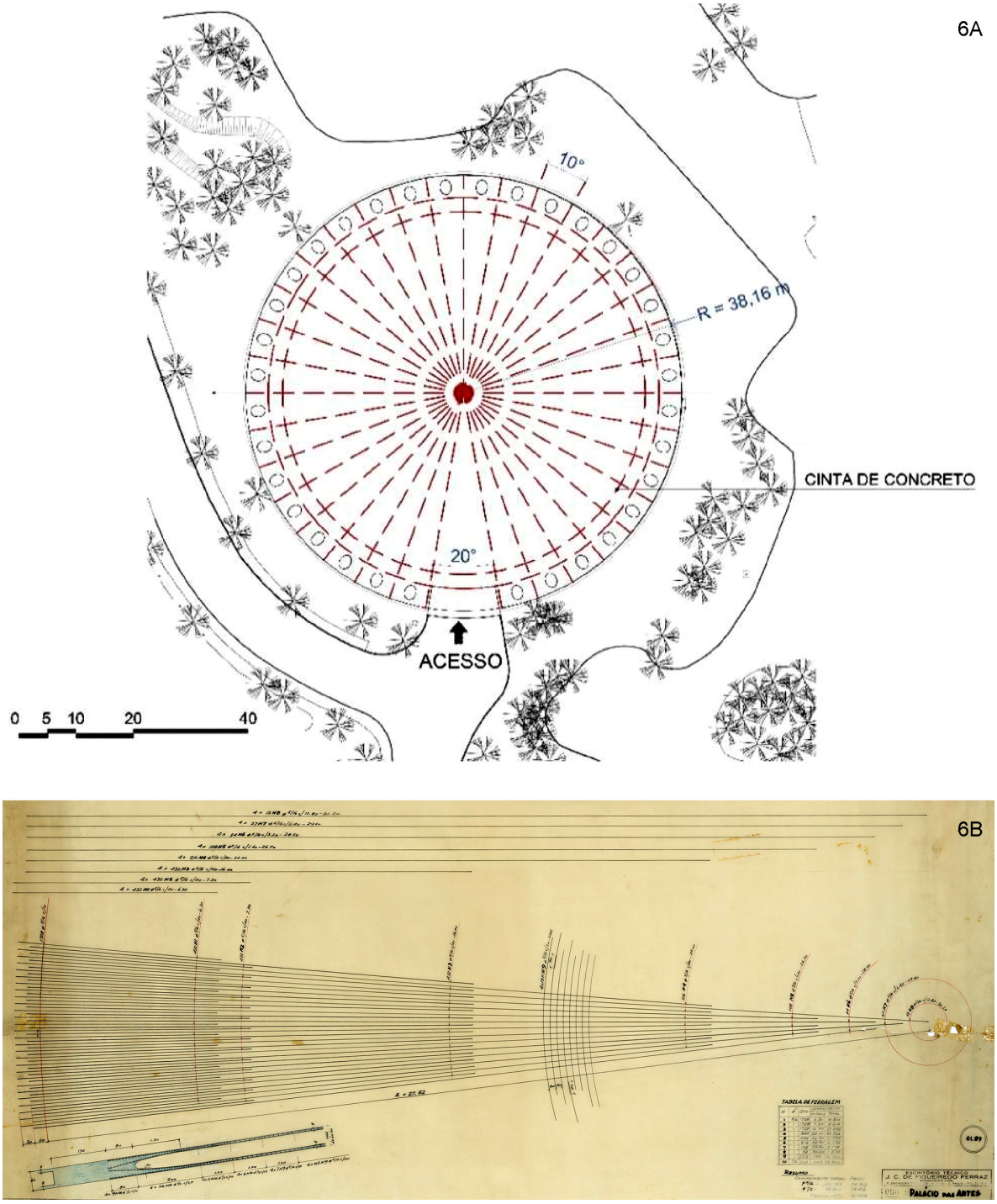


Figura 6

6A Geometria dos setores da OCA.
Fonte: desenho dos autores (2018).

6B Armação de um dos setores da casca.
Fonte: Figueiredo Ferraz/Arquivo Municipal.

A cinta colocada no ponto de tangenciamento da calota é projetada como um anel tronco-cônico com a dimensão de 60 cm por 250 cm, atuando como apoio das forças da calota, cintamento dos esforços horizontais e transição para os pilares de formato tronco piramidal que conduzem as forças às sapatas que atuam como fundações diretas. Seu posicionamento, na cota 4,50 m do nível do térreo, gera a verga para a porta de entrada e auxilia na acomodação dos tubos empregados como modenatura dos caixilhos.

Cada um dos setores da cobertura está armado, nas suas duas camadas, por ferragens dispostas radialmente que progressivamente aumentam seu número à medida que os esforços se ampliam. São dispostas ferragens para o controle dos espaçamentos dos ferros radiais e faixas de ferragens intermediárias no formato de cintas que atuam como cintas para armar esforços na superfície da casca (Fig. 6B).

Se na cúpula se manifesta o cosmos, como nele se percorre ou como se apreciam as obras em exposição ou, ainda, como dialogam visualmente com aqueles que se observam entre si, o percorrer é objeto de uma rampa na qual a visualização também se realiza por meio de giros obrigatórios que são propostos por caminhos do olhar em direções múltiplas e rotatórias.

Esse olhar viajante, combinado com as variações de pés direitos, estimula a percepção de um espaço esférico de múltiplas dimensões.

As lajes têm diferentes desenhos, todos derivados de composições de circunferências, formando figuras geradas por operações geométricas fundadas na construção de rosáceas ou mandalas. Nessas lajes, executadas por caixões perdidos, os pilares, cujo número é reduzido em cada nível, são colocados recuados em relação às bordas, as quais, por sua vez, têm sua altura reduzida junto às bordas gerando uma impressão de maior leveza, como se flutuassem. (Fig. 4). A independência entre as lajes e a casca incluso entre as fundações fazem com que as partes trabalhem de forma independente permitindo a as dilatações e movimentações entre elas.

Uma curiosidade deve ser lembrada: em 1969, numa palestra[2] realizada no Curso Anglo (antigo Anglo Latino), o engenheiro Figueiredo Ferraz, ao contar aspectos da relação arquitetura e estrutura no caso da OCA, revelou que havia alertado a equipe de arquitetos que tinha adotado acabamento de pastilhas cerâmicas em todos os prédios do Ibirapuera, para que não o fizessem na OCA, pois sua casca sofreria dilatações e contrações devido às mudanças de temperatura e insolação.

O projeto, entretanto, adotou o revestimento. Conforme as fotos publicadas na Revista Acrópole nº 191 (Fig. 7D), o desenho com a especificação dos arquitetos para o revestimento da cobertura mostra a proposta de se executarem pequenas juntas entre os panos de assentamento das peças cerâmicas (Fig. 7C e 7D). De fato, o tempo revelou a correção da afirmação do engenheiro e as pastilhas foram se soltando e acabaram por ser retiradas, como se observa no edifício até hoje. A cobertura com dupla superfície permitiu, durante longo período, a utilização de refletores para iluminação embutidos no interior das lajes.

Junto às plantas recolhidas na pesquisa foi encontrado um desenho sem data no qual se registrava um projeto de ar condicionado a ser instalado no interior

[2] Palestra realizada para orientação de jovens interessados em estudar arquitetura na qual estava presente um dos autores do artigo, Rafael Perrone, então estudante de arquitetura à época e professor de Linguagens da Arquitetura no curso pré-vestibular.

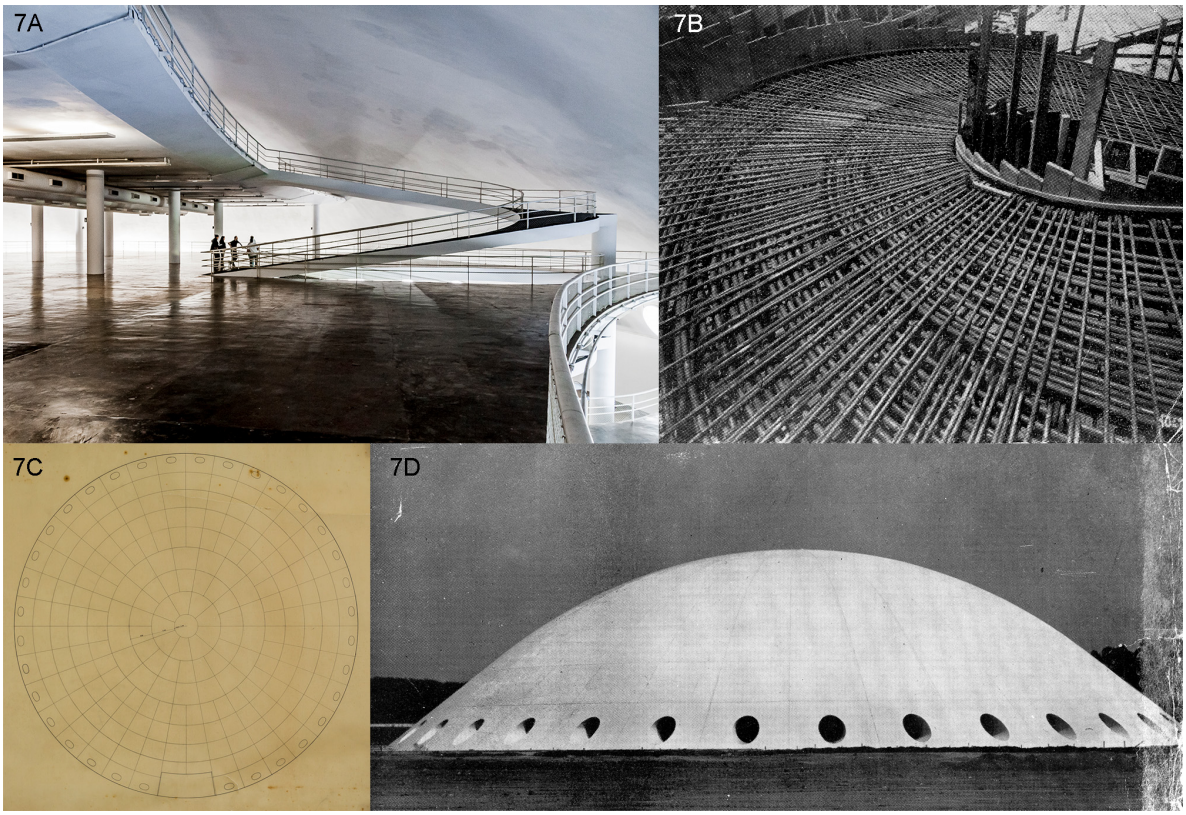


Figura 7

7A – Relações da rampa com a borda das lajes.
Fonte: Rafael Schimidt (2011).

7B – Armação da rampa.
Fonte: Revista Acrópole nº 191 (1954).

7C – Desenho das juntas para revestimento em pastilhas.
Fonte: Arquivo Municipal.

7D – Revestimento Oca com as juntas de dilatação.
Fonte: Revista Acrópole nº 191 (1954).

da OCA, esse projeto também utilizaria dos vazios entre as cascas e parte dos existentes nos caixões perdidos das lajes. No mesmo desenho, há uma interpretação simplificada dos pilares inclinados que suportam a cúpula para descarregar as cargas ao solo. Nos desenhos foram observados detalhes das relações pilares x cinta de bordo, onde se observam os formatos dos pilares que constituem os vãos das janelas e os que estruturam o vão da porta de entrada.

Nas cintas sobre as janelas estavam previstos dutos de 45 cm por 30 cm para passagem das instalações elétricas, os quais permitiram a colocação de luminárias embutidas e demais instalações nos vãos entre as cascas.

A circulação geral se realizaria por meio de uma rampa em formato de uma ferradura estreita que atinge todos os níveis dos pavimentos. O projeto original é dotado de um elemento vertical que previa uma escada junto a um duto de ventilação que ao lado propiciaria a colocação de sanitários (não há indicação do elemento de ventilação). Na última reforma foi instalado um elevador nessa região.

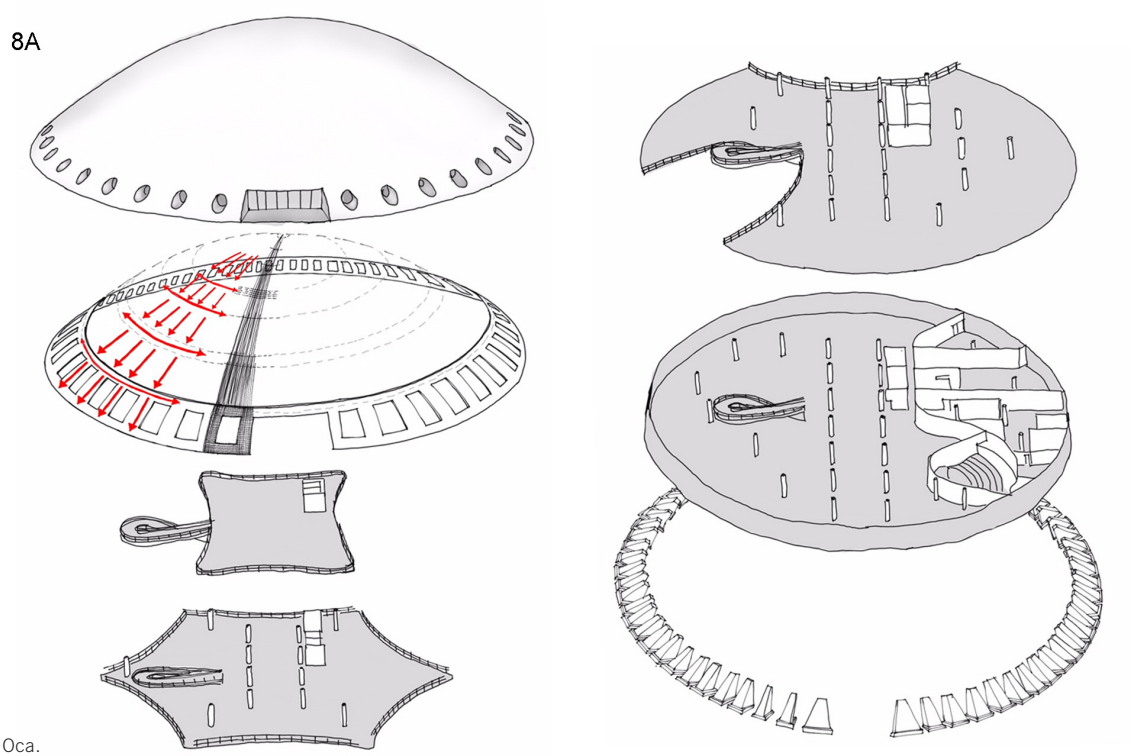
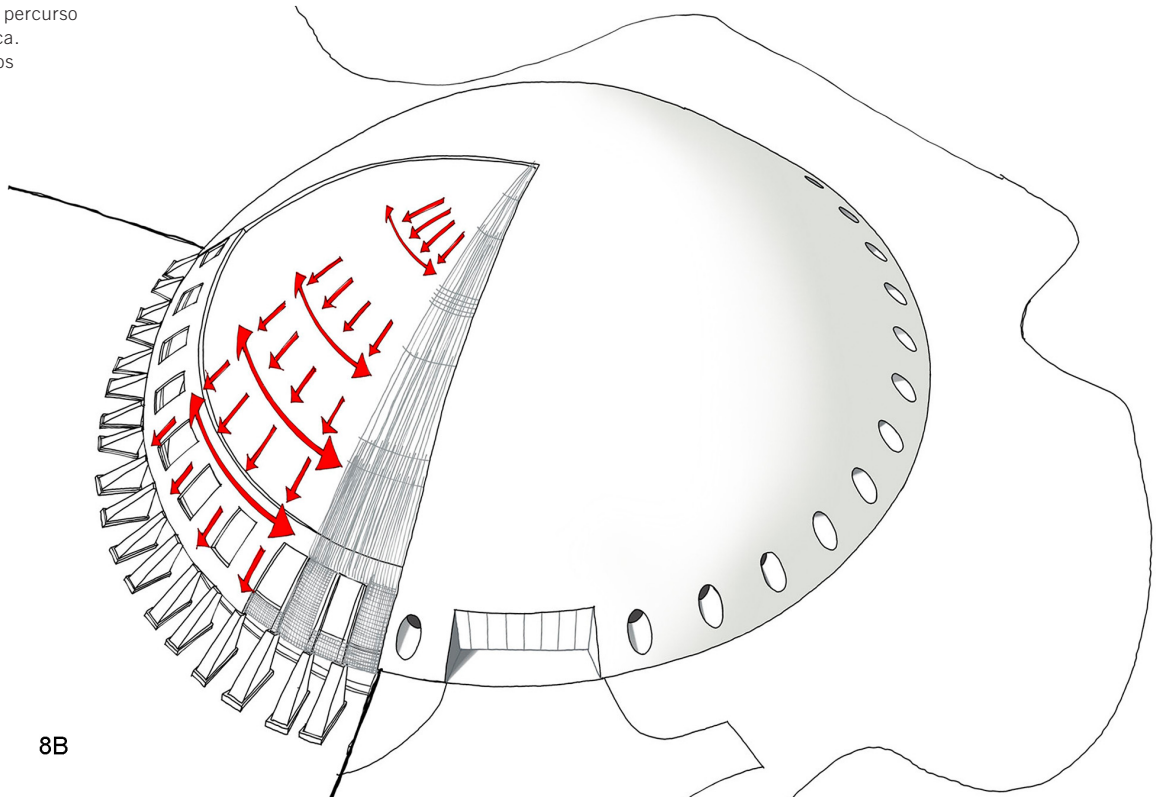


Figura 8

8A – Axonometria da Oca. Fonte: Desenho dos autores (2018).

8B – Esquema do percurso de cargas da casca. Fonte: Desenho dos autores (2018).



A rampa é estruturada por laje maciça de concreto, cuja armação não foi encontrada na pesquisa, mas que pode ser reconhecida por meio de foto. (Fig. 7B). A rampa se apoia em um dos pilares da estrutura por meio de uma mísula, seus outros dois apoios estão nas próprias lajes, local no qual as superfícies são conjugadas para ampliar a continuidade espacial (Fig. 7A).

As conjugações entre toda a estrutura e arquitetura desenhadas numa perspectiva axonométrica explodida permitem visualizar como as partes são conectadas e os respectivos espaços gerados pelos vazios obtidos (Fig. 8A)

A independência entre as lajes e a casca inclusa entre as fundações faz com que as partes trabalhem de forma independente, permitindo dilatações e movimentações entre elas. Para o entendimento geral do caminhamento das forças a casca da Oca, desenvolveu-se um desenho em que se pode observar, por meio de linhas em vermelho com setas, suas trajetórias (Fig. 8B).

Considerações finais

A atuação do engenheiro José Carlos de Figueiredo Ferraz no início dos anos 1950, quando ainda não havia maiores recursos de cálculo para o desenvolvimento da estrutura delgada da casca e as soluções dotadas para a configuração de todos elementos estruturais deram ao edifício as qualidades arquitetônicas almejadas por Niemeyer e equipe.

Figueiredo Ferraz formou-se em 1940 e, então com 11 anos de trabalho como engenheiro calculista, realizou o grande desafio do projeto da estrutura da OCA. É sabido que Niemeyer sempre se aliou a excelentes calculistas como Otto Baumgart, Joaquim Cardozo, Bruno Contarini, José Carlos Sussekind. No caso da OCA não foi possível, na documentação encontrada, descrever o processo de diálogos durante o projeto entre estrutura e arquitetura, mas foi factível revelar a correta e adequada solução estrutural ao edifício projetado.

A solução estrutural no período em que foi proposta representou uma contribuição para a execução de uma calota de baixa curvatura, fato que pode ser identificado por meio de uma afirmação de Joaquim, realizada nos aos 1960 e citada por Macedo e Sobreira (2006), a qual foca que os alguns conhecimentos matemáticos ainda não teriam sido consolidados em 1952, data do projeto estrutural profissional. Assim se expressou Joaquim Cardozo:

> *(...) defrontei-me com um caso de casca esférica muito rebaixada e, dentro da pequena literatura que dispunha sobre o assunto, tomei conhecimento do ensaio de I. Vorovich publicado nos comptes rendus da Academia de Ciências da União Soviética, seção de matemáticas, trabalho em que o problema não se exprime mais com a simplicidade de um sistema de equação lineares de derivadas parciais* (CARDOZO, 1960, apud MACEDO e SOBREIRA, 2009, p.140).

A solução da cúpula com curvatura mais suave e com seu tangenciamento na base em tronco de cone, embora considerada por Bruand "*muito baixa em relação ao seu diâmetro*" (BRUAND, 1981, p.166*)*, talvez por comparar as cúpulas reconhecíveis em seu continente de construção com técnicas sem concreto armado e de desenho mais ogival*,* acabou por consagrar um dos elementos mais utilizados no arsenal de Niemeyer, ou ainda, talvez exatamente

o uso da tangente tão desejada que traz o esforço da casca para a terra (ou, no caso da Câmara dos Deputados de Brasília, que a inverte ao céu e a pousa com suavidade no plano superior o edifício). Soluções que Niemeyer retomou em obras posteriores. Sua circulação também acabou sendo criticada por Bruand;

> *...as rampas do Palácio das Artes, impressionantes pela leveza, eram mais discutíveis do ponto de vista racional e psicológico, pois o ambiente criado não convinha de modo nenhum à destinação do edifício, este tinha sido construído como um brilhante exemplo de arquitetura pura, onde as preocupações plásticas levavam a melhor sobre todas as demais considerações* (BRUAND,1981, p.158).

O Palácio das Artes, conhecido como OCA, teve vida conturbada, previsto para exposições de artes, ficou por muito tempo utilizado com Museu da Aeronáutica relegado ao abandono e desconhecimento de sua potencialidade. No ano de 1999, foi restaurado pelo escritório MMBB e o arquiteto Paulo Mendes da Rocha, que mantiveram suas características estruturais, aprimorando sua circulação, eliminando as luminárias embutidas e revelando a cúpula por meio de iluminação indireta e dotando o ambiente de sistema de ar-condicionado que antes nunca tinha sido executado.

A dinâmica de seu espaço coloca os visitantes dentro da cúpula dimensionada por Figueiredo Ferraz, esta configuração, por meio de percursos circulares, será talvez seu mérito maior, o qual, por definição da arquitetura, não era adequar-se a um programa acadêmico para um edifício para exposição de artes com salas enfileiradas. Passados muitos anos, as expressões e materialidade das artes se transformaram, mas as disponibilidades da OCA permitiram suas diversas ocupações.

A contribuição de Figueiredo Ferraz como engenheiro está congruente com as afirmações de Niemeyer:

> *Quando o engenheiro especializado em cálculos atualiza seus conhecimentos profissionais, quando está a par de todos os avanços da técnica da construção, quando ele abandona as regras e as normas limitativas para especular somente sobre os problemas colocados pelo concreto armado, porque descobriu que é a melhor maneira de evoluir; quando ele conhece não só a profissão, mas também as artes visuais e a verdadeira arquitetura – o que, aliás, é raro –, enfim, quando ele consegue se entusiasmar não só pelo problema técnico a solucionar, mas também pelo sentido artístico e criador da obra para a qual colabora, então, sua associação com o arquiteto torna-se fecunda e positiva.* (Oscar Niemeyer, apud REBELLO e LEITE, 2002).

"*Oscar Niemeyer sempre mostrou em suas obras interesse no seu processo criativo que a arquitetura e estrutura nascem juntas, não são elementos distintos de uma construção*" (INOJOSA, 2010, p.49).

A OCA, sua arquitetura e sua estrutura, é uma obra deste reconhecimento.

Referências

ANDRADE, Manuella Maria. O parque do Ibirapuera: 1890 a 1954. *Arquitextos*: São Paulo, ano 05, n.051.01, Vitruvius, set. 2004. Disponível em: http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/05.051/553. Acesso em: 02 abr. 2020.

ARGAN, Giulio Carlo. Clássico e Anticlássico- O Renascimento de Brunelleschi a Bruegel. São Paulo: Companhia das Letras,1999.

ARGAN, Giulio Carlo. *Ante Projeto da Exposição do IV Centenário de São Paulo.* 1952. Acervo: Divisão do Arquivo Histórico Municipal "Washington Luís" – DPH/SMC. Original na FAU/USP.

ARRUDA, Maria Arminda do Nascimento. *Metrópole e cultura*: São Paulo no meio do século XX. Bauru: Edusp, 2001. 329p.

BARONE, Ana C. *A oposição aos pavilhões do parque Ibirapuera (1950-1954)*. In Anais do Museu Paulista vol.17 nº2, jul. dez 2009. Sem pag. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-47142009000200014. Acesso em 09 mar. 2019.

BRANDÃO, Carlos A. L. *A formação do homem moderno através da arquitetura*. Belo Horizonte: UFMG, 2001. 240p. Disponível em: https://www.academia.edu/24118635/BRAND%C3%83O_Carlos_A._L._Forma%C3%A7%C3%A3o_do_Homem_Moderno_Vista_Atrav%C3%A9s_da_Arquitetura. Acesso em 09 mar. 2019.

BRANDÃO, Carlos A. L. *Brockhaus and Efron Encyclopedic Dictionary*. São Petersburgo: Brockhaus-Efron (1890-1907), Livro 44, Pag. 706. Disponível em: https://new.runivers.ru/lib/book3182/. Acesso em 12 set. 2020.

BRUNA, Paulo. *A obra de Oscar Niemeyer em São Paulo*. In: Bruna, P. e Guerrero, I.Q. Quatro ensaios sobre Oscar Niemeyer. São Paulo: Ateliê Ed. 2017. Pag. 15 a 124.

CURY, Laura de Souza. *O Parque Ibirapuera e a construção da imagem de um Brasil moderno.* In: Anais do XVIII Encontro de História da Anpuh-Rio. Rio de janeiro:2018, pag. 1 a 13. Disponível em: https://www.encontro2018.rj.anpuh.org/resources/anais/8/1528850114_ARQUIVO_anpuh_laura_cury.pdf. Acesso em 09 mar. 2019.

EDUARDO TORROJA. Disponível em: https://en.wikiquote.org/wiki/Eduardo_Torroja

GURIAN, Eduardo P. *A Marquise do Ibirapuera: suporte para uso indeterminado.* Dissertação de mestrado. São Paulo, FAUUSP, 2014. 307 p. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16138/tde-29072014-155335/publico/GURIAN_DISSERTACAO_FAUUSP_2014.pdf. Acesso em: 12 fev. 2019.

HERNÁNDEZ CORREA, José Ramon. *A Tragédia de Leonidov* in Blog Arquitectamos Locos. Madri 21, janeiro de 2001. Disponível em: http://arquitectamoslocos.blogspot.com/2011/01/la-tragedia-de-leonidov.html Acesso em 19 mar. 2019.

INOJOSA, Leonardo da S. P. *O sistema estrutural na obra de Oscar Niemeyer.* Dissertação de mestrado. Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, 2010. Disponível em:

https://core.ac.uk/download/pdf/33538089.pdf. Acesso em: 21 mar. 2019.

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA (IETcc) Eduardo Torroja. Disponível em: http://www.ietcc.csic.es/index.php/en/general-information/brief-chronicle/eduardo-torroja. Acesso em: 16 ago. 2018.

KHAN MAGOMEDOV, Selim Omarovich. Pioneers of soviete Architecture- The search for new solutions in the 1920s and 1930s. Nova Iorque: Rizzoli, 1987.

KOCH, Wilfried. *Dicionário dos estilos arquitetônicos*. São Paulo: Martins Fontes, 2009 4ª ed. 229 p.

LEDESMA, Cuauhtémoc García. Félix Candela, arquitecto español que se expresó en México. Disponível em: http://www.desdelared.com.mx/2008- 2012/2010/raices-2/0708-felix-candela.html. Acesso em 01 set. 2018.

LESTER, Toby. O Fantasma de Da Vinci: A história desconhecida do desenho mais famoso do mundo. São Paulo: Editora Três Estrelas, 2014

MACEDO, Danilo (Org.); SOBREIRA, Fabiano (Org.). *Forma estática – forma estética*: ensaios

de Joaquim Cardozo sobre arquitetura e engenharia. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2009. 218 p.

MIGUEL, José M.C. Casa e lar: a essência da arquitetura. *Arquitextos*: São Paulo. ano 2002, n.029.11, Vitruvius, out. 2002.

MMBB Escritório de Arquitetura, 1999.

NIEMEYER, Oscar. et al. *Ante-Projeto da Exposição do IV Centenário de São Paulo*. São Paulo, 1952.

PAPADAKI, Stamo. *Oscar Niemeyer*: Works in Progress. New York: Reinhold, 2ª ed 1954

PIER LUIGI NERVI Association. *Project*. Disponível em: http://pierluiginervi.org/who-is-pier-luigi-nervi. Acesso em: 20 ago. 2018.

PISANI, Maria Augusta Justi. *Procedência das cascas de concreto armado*. Material Didático. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e urbanismo da Universidade Mackenzie, 2019. Disponível em:

https://docs.wixstatic.com/ugd/af9413_6d7494512a2b4f3db57a36fd3e7d3f5c.pdf. Acesso em: 07 jan. 2019.

Revista Acrópole. Nº 191 ano 16 agosto 1954 São Paulo. Disponível em: http://www.acropole.fau.usp.br/edicao/191. Acesso em: 21/02/2019.

QUEIROZ, Rodrigo. *A revisão crítica de Oscar Niemeyer*. In: Bruna, P. e Guerrero, I.Q. Quatro ensaios sobre Oscar Niemeyer. São Paulo: Ateliê Ed. 2017. p. 169 a 244.

REBELLO, Y.; LEITE, M. A. D'AZEVEDO. *O engenheiro das curvas de Brasília*. Revista Au. Editora Pini. São Paulo, nº 165, Dez 2002. Disponível em: http://www.au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/165/artigo67588-2.aspx. Acesso em 09 mar. 2019.

UTUARI, Solange. *O artista e o matemático*. Instituto Arte na Escola. coordenação de Mirian Celeste Martins e Gisa Picosque. – São Paulo: Instituto Arte na Escola, 2010. Disponível em:

https://artenaescola.org.br/uploads/dvdteca/pdf/arq_pdf_115.pdf. Acesso em 16 mar. 2019.

VALLE, Marco Antonio Alves Do. *Desenvolvimento da forma e procedimentos de projeto na arquitetura de Oscar Niemeyer*. Tese de doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo- São Paulo. 2002. 692p.

ZAPPA, Regina. *Entrevista com Oscar Niemeyer*. In: A doce Revolução de Oscar Niemeyer. Rio de janeiro: 19 Design e Editorial, dez 2007. p.08-21.

Nota do Editor:

Nota do Editor
Data de submissão: 28/03/2020
Aprovação: 05/11/2020
Revisão: RMO

Rafael Antonio Cunha Perrone
Universidade Presbiteriana Mackenzie de São Paulo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Rua Itambé, 185 -a - Higienópolis, São Paulo - SP, 01239-001
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-0651-913X
racperrone@gmail.com

Maria Augusta Justi Pisani
Universidade Presbiteriana Mackenzie de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Rua Itambé, 185 -a - Higienópolis, São Paulo - SP, 01239-001
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-0467-2854
augustajp@gmail.com

Rafael Schimidt
Presbiteriana Mackenzie de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade - Rua Itambé, 185 -a - Higienópolis, São Paulo - SP, 01239-001
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-8564-3707
rafschimidt@gmail.com