



A FORMA ESTRUTURAL NA OBRA DO ARQUITETO MILTON RAMOS

Rafaela Heinzemann Figueira, José Manoel Morales Sánchez, Élcio Gomes da Silva³

¹ Faculdade de Arquitetura e Urbanismo / Universidade de Brasília / rafaehzemann@gmail.com

² Faculdade de Arquitetura e Urbanismo / Universidade de Brasília / sanchez@unb.br

³ Câmara dos Deputados / Brasil / elcio.gomes@camara.gov.br

Resumo

O artigo analisa a relação entre forma arquitetônica e estrutura nos edifícios projetados por Milton Ramos em Brasília, destacando o conceito de Forma Estrutural, introduzido por Siegel (1960). O estudo investiga como a estrutura pode determinar a expressão arquitetônica, com base nos princípios da Arte Estrutural definidos por Billington (1983): eficiência, economia e elegância. A pesquisa inclui um levantamento bibliográfico sobre Forma Estrutural e métodos de análise estrutural, seguido de um estudo sobre a trajetória profissional de Milton Ramos e suas obras mais representativas. Para aprofundar a análise, o artigo foca no Oratório do Soldado, edifício religioso projetado por Ramos e construído pelo Exército Brasileiro. A metodologia adotada envolve a construção de um modelo computacional qualitativo utilizando o software Ftool, que permitiu examinar os esforços estruturais atuantes no edifício. Os gráficos de momento fletor gerados pelo software indicam que a distribuição dos esforços na estrutura do Oratório está diretamente relacionada à sua forma arquitetônica. Isso demonstra o conhecimento técnico de Ramos e sua habilidade em criar edificações com forte impacto visual e estruturalmente eficientes. Além do Oratório do Soldado, outras obras de Milton Ramos são destacadas, como o Estádio Pelezão (já demolido), o Instituto Histórico e Geográfico do DF e o Ginásio do Clube CASSAB. Essas construções evidenciam a aplicação do conceito de Forma Estrutural em sua prática profissional. A pesquisa conclui que a análise qualitativa computacional se mostra uma ferramenta valiosa para compreender a interação entre estrutura e forma arquitetônica. O estudo reforça a importância de profissionais como Milton Ramos para a Arquitetura Moderna de Brasília e para a formação de novos arquitetos e engenheiros.

Palavras-chave

Arquitetura Moderna; Brasília; Forma estrutural; Milton Ramos; Concreto armado.

Introdução

A Forma Estrutural foi um conceito trabalhado por Siegel (1960) para ressaltar as relações entre forma arquitetônica e estrutura, principalmente em obras que possuem essa relação bem próxima, onde a estrutura é parte fundamental na expressão arquitetônica. Esse conceito foi complementado por Billington (1983) quando escreveu sobre Arte Estrutural e seus princípios baseados em eficiência, economia e elegância. Alguns profissionais entre arquitetos e engenheiros, principalmente a partir do período que compreende a Arquitetura Moderna, se destacaram por conseguirem atingir um forte equilíbrio entre esses dois parâmetros de projeto. Em Brasília, além de Oscar Niemeyer e João Filgueiras Lima, o Lelé, podemos destacar o trabalho de Milton Ramos.

Milton Ramos foi um arquiteto formado, em 1958, na Faculdade Nacional de Arquitetura da Universidade do Brasil no Rio de Janeiro. No ano seguinte se mudou para Brasília, onde trabalhou em construtoras até abrir seu próprio escritório. Ao longo de sua carreira profissional, se dedicou às mais diversas tipologias e usos arquitetônicos. Dentro do conjunto de sua obra, destaca-se os projetos de edifícios com grandes vãos como o Estádio Nacional de Brasília, ou Pelezão, o Instituto Histórico e Geográfico do Distrito Federal, o ginásio de esportes do Clube dos Suboficiais e Sargentos da Aeronáutica de Brasília (CASSAB) e o Oratório do Soldado.

Nesse sentido, este artigo propõe uma análise da forma estrutural presente em edifícios projetados pelo arquiteto Milton Ramos em Brasília. Em um primeiro momento, foi realizado um levantamento bibliográfico acerca do conceito de Forma Estrutural, além de um aprofundamento nos conceitos de análise e análise estrutural, chegando à análise qualitativa computacional. Em seguida, foi realizado um levantamento sobre a carreira profissional de Milton Ramos e de obras que possuíam as características de forma estrutural para análise. Por fim, foi escolhido o Oratório do Soldado para passar por uma análise qualitativa computacional. Para a realização dessa análise, foi construído um modelo em barras dentro do software Ftool, desenvolvido por Luiz Fernando Martha (Martha, 2018).

Na análise qualitativa computacional, foram gerados modelos que ilustram o momento fletor sofrido pelos pórticos do Oratório do Soldado. Por meio deles, foi possível concluir sobre como a forma arquitetônica possui uma relação direta com os esforços apresentados. Desse modo, comprovou-se o conhecimento estrutural que Milton Ramos possuía e como ele aplicava isso de uma forma plástica e com qualidade arquitetônica, criando edifícios que marcam a paisagem de Brasília. Além do mais, a análise qualitativa computacional se mostrou uma ferramenta interessante para a compreensão do comportamento das estruturas e sua relação com a forma arquitetônica.

Forma estrutural

A principal característica que difere uma estrutura de uma escultura é a boa definição de propósito para as estruturas, seja ela fechar e definir espaços, conectar dois pontos, suportar a ação das forças naturais ou ambos e o seu dever de suportar uma variedade de cargas. O conceito de estrutura no âmbito da Engenharia Civil é definido pelas “partes que suportam as cargas de uma construção e as transmitem às fundações” (Silva & Souto, 2015 p.21). Portanto, arquitetura e estrutura são indissociáveis e em alguns casos essa relação é tão estreita que a estrutura se torna a forma e expressão arquitetônica do edifício. Essa relação é a base para a fundamentação do conceito de forma estrutural elaborado por Siegel (1960).

Para Siegel (1960) as formas estruturais são aquelas que expressam a unidade entre a arte e a técnica e cuja sua fisionomia é definida pela técnica construtiva empregada. Assim, as formas estruturais possuem uma natureza plástica com expressão própria que resulta da construção. Ou seja, suas características formais estão ligadas ao conhecimento do caminho que as forças percorrem na estrutura, o que resulta em elementos estruturais fiéis à melhor distribuição dos esforços atuantes.

David P. Billington (1983) desenvolveu o conceito de Arte Estrutural e definiu seus princípios. Originalmente esse conceito foi criado por Thomas Telford. Para Billington a arte estrutural é enfaticamente moderna e está ligada ao equilíbrio entre disciplina e liberdade. Nesse sentido, a liberdade é marcada pelo potencial criativo do projetista na busca pela estética consciente da elegância da engenharia enquanto a disciplina está relacionada à eficiência e economia. Assim sendo, a Arte Estrutural é composta por três pilares: eficiência, economia e elegância.

Dentro do que foi definido por Billington (1983), o princípio da eficiência ganha destaque a com a Revolução Industrial, mais precisamente a partir do momento em que foi necessário construir estruturas que suportassem cargas extremamente pesadas, como a locomotiva, com a menor quantidade de material possível, já que o ferro industrializado possuía um alto custo. Dentro dessa nova realidade, os desafios não paravam de surgir, as estruturas precisavam vencer alturas, vãos e distâncias cada vez maiores e com menos material possível.

É a partir dessas demandas de baixo custo, principalmente por parte dos empresários e dos governos para obras públicas, que o ideal de economia toma forma. Assim a economia também serviria como um incentivo à criatividade dos projetistas, que deveriam criar estruturas interessantes, porém viáveis economicamente. E assim, o terceiro ideal aparece como um controlador do projeto final, já que muitas vezes o design mínimo pode resultar em estruturas sem propósito estético. A elegância de uma estrutura está ligada à motivação estética do engenheiro sem comprometer a eficiência e a economia.

Nos últimos 250 anos a forma estrutural sofreu grandes mudanças. A partir da Revolução Industrial, os materiais tradicionais como madeira, pedra e cerâmica (tijolos, telhas etc.) passaram a ser produzidos de forma racional e em larga escala e novos materiais como o ferro, o aço, o concreto e o vidro surgiram (Benevolo,

2001). Esses novos materiais possibilitaram uma infinidade de novas formas e alguns arquitetos e engenheiros obtiveram grande destaque na utilização desses materiais, pois foram além da estética e da eficiência estrutural na busca pelo equilíbrio entre esses dois mundos. Dentre os principais nomes desse período estão Robert Maillart, Gustave Eiffel, Pier Luigi Nervi, Antoni Gaudí, Eduardo Torroja e Félix Candela.

Análise da Forma Estrutural

O ato de analisar está relacionado ao exame detalhado e à observação minuciosa de cada elemento de um todo com o objetivo de entender e investigar a natureza, as causas, funções, proporções de cada um (ANÁLISE, 2025). Bloom (1956), em seu livro *Taxonomia dos Objetivos Educacionais*, coloca a análise entre as três últimas categorias do ponto de vista cognitivo, ou seja, entre os três maiores níveis de aprendizado. Ele define que a análise significa a divisão do material em suas partes constituintes e a detecção das relações entre as partes e como elas são organizadas. Assim ele também reitera que o ato de analisar auxilia na compreensão do objeto de estudo assim como é um passo que antecede a avaliação desse mesmo objeto (Bloom, 1956, p.144).

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014) a análise estrutural tem por objetivo determinar os efeitos das ações em uma estrutura e permitir o estabelecimento das distribuições dos esforços internos, deslocamentos, deformações e tensões em uma parte da estrutura ou em sua totalidade. Além disso, apesar da análise quantitativa ser muito importante quando se fala em estruturas, principalmente por meio dos cálculos matemáticos, a análise qualitativa também se mostra uma interessante ferramenta para entendimento das estruturas e sistemas estruturais empregados. Fonseca e Sánchez (2010, p.10) escreveram que:

“O entendimento estrutural não pode ser alcançado somente com as análises quantitativas, o conhecimento matemático se faz importante para a aferição do conhecimento qualitativo, um depende do outro, mas sem a compreensão qualitativa dos fenômenos físicos e matemáticos não é possível entender completamente qualquer avaliação estrutural.”

Análise Computacional Qualitativa da Forma Estrutural

Para a realização da análise estrutural é necessária a formulação de um modelo que seja adequado ao objetivo do estudo. Esse modelo pode ser composto por elementos estruturais básicos que possibilitem a representação clara dos caminhos que as ações percorrem a partir da aplicação da força até os apoios. No geral, o modelo deve apresentar as respostas e características dos materiais, a geometria dos elementos estruturais, os carregamentos atuantes e as condições do entorno da estrutura a ser analisada (ABNT, 2014).

Na arquitetura é comum o uso de maquetes físicas para o entendimento da geometria, da implantação e de outras soluções de projeto desde sua concepção até sua divulgação e na sua análise. Atualmente o uso de maquetes eletrônicas, seja com o auxílio de projeto assistido por computador (CAD) ou em plataformas de Modelagem da Informação da Construção (BIM), também tem se tornado cada vez mais recorrente. Já na engenharia, principalmente na engenharia estrutural, o modelo é um modelo físico-matemático com um comportamento teórico definido para o protótipo de acordo com sua característica elástica, definida a partir da Lei Hooke (Timoshenko, 1982).

Uma forma de criar esses modelos é a partir de barras como coloca Luiz Fernando Martha:

“O desenvolvimento das teorias que descrevem o comportamento de estruturas se deu inicialmente para estruturas reticuladas, isto é, para estruturas formadas por barras (...). Mesmo em casos de estruturas onde nem todos os elementos estruturais podem ser considerados como barras (como é o caso de edifícios de concreto armado), é comum analisar o comportamento global ou parcial da estrutura utilizando-se um modelo de barras. (Martha, 2010. p.6).

Um programa que pode ser usado para essa análise computacional qualitativa da forma estrutural é o software Two-dimensional Frame Analysis Tool (Ftool) por sua curva de aprendizado simples. O software foi desenvolvido pelo professor Luiz Fernando Martha da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) e já se encontra na versão 4.01. Uma demonstração da fundamentação teórica da análise qualitativa pode ser encontrada em Sánchez (2025).

A Forma Estrutural na Obra do Arquiteto Milton Ramos

A arte estrutural, segundo Billington (1983), é enfaticamente moderna. Tal visão se fundamenta na estreita aproximação entre o desenvolvimento de análises técnicas e científicas - de domínio da engenharia - e os estudos históricos e humanísticos - ligados às artes e à arquitetura. Esta integração, por sua vez, é um dos motivadores que conduzem as conexões ora apresentadas e que se valem do alcance ampliado dos princípios delimitados por Billington. A partir de uma compreensão mais abrangente, portanto, as teorias que fundamentam a arte estrutural podem também ser utilizadas para analisar a produção modernista da arquitetura brasileira

No Brasil, a Arquitetura Moderna obteve grande protagonismo, se tornando a base imagética da propaganda política e econômica de renovação e modernidade, que conquistou seu auge com a construção da nova capital. Na busca por tornar uma ideia em realidade, Brasília aparece como um grande canteiro de obras livre e experimental, ou seja, uma oportunidade única para os arquitetos e construtores da época. A escala do empreendimento se difere de qualquer outro local do país (LIMA, 2008).

Apesar do Modernismo ter características marcantes e que estão presentes em diversos países, principalmente na Europa, o modernismo de Brasília carrega consigo este contexto diferenciado. Esse fato resultou em um espaço com obras com características próprias e um local onde os arquitetos conseguiram obter destaque e se aprofundarem nos seus projetos e em estudos sobre a forma estrutural e a forma arquitetônica. Entre os profissionais que aproveitaram a oportunidade e desenvolveram um trabalho único e interessante está Milton Ramos.

Milton Ramos

Milton Ramos foi um arquiteto que teve um grande papel na formulação da arquitetura moderna em Brasília. Após se formar em 1958 na Faculdade Nacional de Arquitetura da Universidade do Brasil no Rio de Janeiro, viu em Brasília uma oportunidade de ganhar experiência profissional. Em pouco tempo, passou a trabalhar na Construtora Pederneiras S.A. onde adquiriu conhecimento e foi se firmando como um arquiteto relevante até abrir seu próprio escritório. Foi a partir de então que ele teve oportunidade de realizar diversos projetos de grande importância histórica e artística para Brasília (Lima, 2008).



Figura 1 –Milton Ramos no canteiro de obras do Palácio do Itamaraty – Fonte: Acervo Milton Ramos - Ana Cristina Ramos.

Ao longo de sua jornada enquanto arquiteto e construtor, Milton Ramos demonstrou uma preocupação com o equilíbrio entre características construtivas e espaciais, buscando por soluções de elementos estruturais e um tratamento aguçado entre formas e superfícies, com real apreço pelos detalhes, o que resultou em edifícios com vasta riqueza plástica e construtiva (Lima, 2008).

Milton Ramos atuou na execução e detalhamento de edifícios públicos, como o Palácio do Itamaraty de Oscar Niemeyer, urbanizou quadras residenciais no Plano Piloto, venceu concursos de projeto para edifícios públicos, projetou edificações militares, institucionais, comerciais e residenciais, além de ter contribuído para

a produção em concreto pré-moldado e pré-fabricado. Entre as obras com uma forma estrutural expressiva estão, o Estádio Edson Arantes do Nascimento, também conhecido como Estádio Pelezão, o Instituto Histórico e Geográfico do Distrito Federal, o ginásio de esportes do Clube dos Suboficiais e Sargentos da Aeronáutica de Brasília (CASSAB) e o Oratório do Soldado.

O Estádio Nacional de Brasília conhecido também como Pelezão, em homenagem ao jogador de futebol Edson Arantes do Nascimento, o Pelé, foi inaugurado em 1965, como uma comemoração ao quinto ano de aniversário da cidade, e ficava localizado próximo à Estrada Parque Indústria e Abastecimento (EPIA) ou DF-003 até ser demolido em 2009. Segundo Alves (2024), o projeto foi fruto de uma concorrência vencida pela Construtora Rabello em outubro de 1964. Nessa época, Milton Ramos era funcionário da construtora e com ela projetou diversos trabalhos de grande relevância, tanto na criação dos edifícios quanto no detalhamento de trabalhos como de Oscar Niemeyer. O projeto foi realizado por Milton Ramos e o cálculo estrutural por Bruno Contarini.

O estádio tinha capacidade para aproximadamente 25 mil pessoas, sendo que cerca de 12 mil em área coberta. A porção coberta foi implantada em uma das laterais do campo de futebol que também era rodeado por uma pista de atletismo. A estrutura principal do estádio era formada por peças em concreto pré-moldado, como é o caso da cobertura e da arquibancada. A cobertura era composta por uma estrutura estaiada em balanço levemente arqueada, em que os elementos foram dispostos formando uma meia lua, já que a porção mais externa era mais larga que a porção interna. Visualmente, esse projeto de Milton Ramos lembra a cobertura do Hipódromo de Zarzuela projetada por Eduardo Torroja em conjunto com Carlos Arniches e Martín Domínguez para o concurso de 1934 e a cobertura do Estádio Flaminio projetado entre 1957 e 1958 para as Olimpíadas de Roma de 1960.

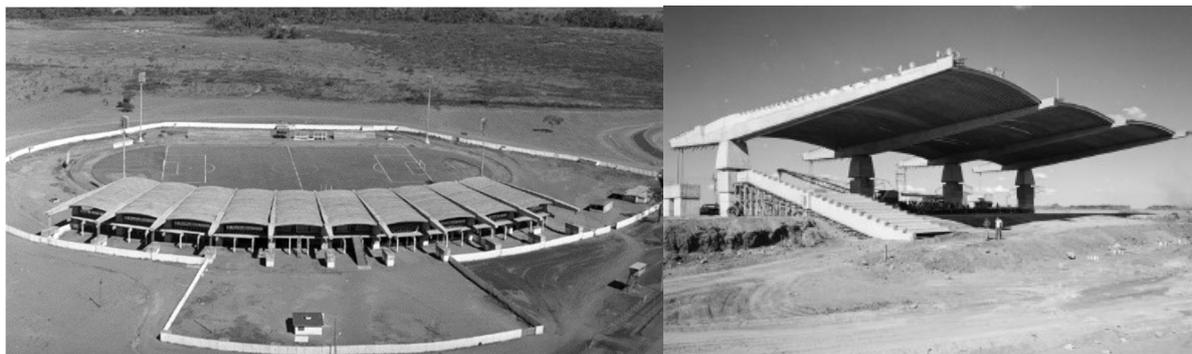


Figura 2 -Estádio Nacional de Brasília, 1965. Fonte: ArPDF. / Figura 3 - Componentes pré-moldados compondo a cobertura e a arquibancada. Fonte: IMS. Foto: Marcel Gautherot

O estádio, apesar de ter sido demolido, ficou na memória de muitos moradores de Brasília. Jogadores como o próprio Pelé e Mané Garrincha jogaram no local e levaram diversos admiradores até eles, além de diversos jogos profissionais e amadores que ali ocorreram (Assumpção, Neves e Araújo, 2014). Com a construção do Estádio Mané Garrincha em 1974 na zona central de Brasília, o Pelezão acabou sendo desativado na década de 1980. Ao longo dos anos, o local foi invadido por famílias até ser vendido em 2004 e virar fruto da especulação imobiliária, sendo demolido em 2009 (Metrópolis, 2022).

O Instituto Histórico e Geográfico do Distrito Federal (IHGDF) foi um projeto vencedor de um concurso de arquitetura em que Milton Ramos participou. O edifício foi o único construído de um complexo que contaria com área de exposições, auditório, oficinas, biblioteca e museu da imagem e do som, conforme é possível ver no croqui original.

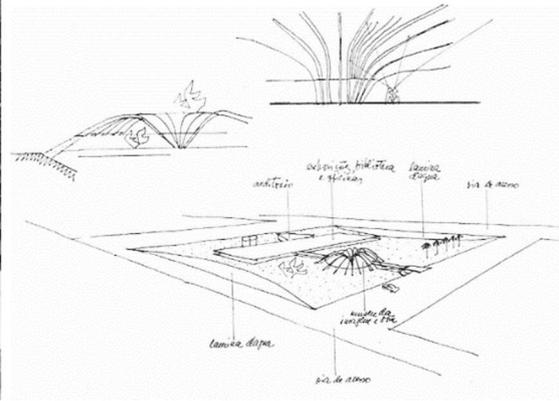


Figura 4 –à esquerda o IGHDF em construção, 1972 e à direita os Croquis do projeto para o IGHDF - Fonte: Acervo Milton Ramos - Ana Cristina Ramos.

O IGHDF está localizado próximo à zona central de Brasília entre as vias W4 e W5 na Asa Sul. O edifício principal é formado por um volume circular formado por pórticos e conectado à via de acesso por meio de uma cobertura linear que se impõe com sua forma curva ao receber os visitantes.

Os pórticos em concreto armado convergem para o centro da forma compondo uma imagem que se assemelha a um cogumelo. Na cobertura há nervuras que acompanham a forma curva da estrutura, acentuando o efeito causado por ela. Essas nervuras se iniciam a uma certa altura, livrando o nível do pedestre para que todo o perímetro do edifício seja com fechamento em vidro e se encerram em um anel central onde a cobertura se abre deixando a iluminação natural passar.

Milton realizou o projeto do Clube CASSAB e dentro dele se destaca a estrutura do Ginásio de Esportes. O ginásio é composto por uma estrutura formada por arcos assimétricos que parecem se acomodar no terreno. Essa configuração deixou as fachadas mais expressivas (Alves, 2024) e ainda possibilitou a realização de aberturas para passagem de luz natural.

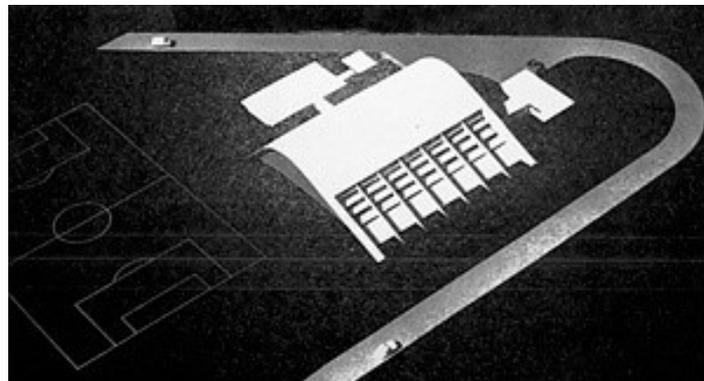


Figura 5 -Implantação do Ginásio de Esportes do CASSAB. Fonte: Acervo Milton Ramos - Ana Cristina Ramos.

Análise da Forma Estrutural do Oratório do Soldado

O Oratório do Soldado é um edifício de caráter religioso localizado no Setor Militar Urbano de Brasília, mais precisamente na Avenida Duque de Caxias, número 33. O edifício projetado por Milton Ramos e construído pelo Exército Brasileiro foi inaugurado em 19 de novembro de 1974 e tem por objetivo abrigar um templo ecumênico para servir principalmente ao público militar que vive nos arredores (Brasília, 2019). Mesmo sendo resultado de um concurso de arquitetura, esse projeto abriu diversas portas para Milton Ramos, uma vez que ele ficou conhecido pelas autoridades militares. Essa parceria culminou em diversos trabalhos posteriores (Alves, 2024).



Figura 6 - Oratório do Soldado visto de cima. Fonte: Comando Militar do Planalto.

O edifício é composto por dois grandes volumes que se conectam por passarelas. A nave da igreja ecumênica é formada por um volume circular com um espelho d'água em volta de todo seu perímetro. O segundo volume é mais linear e está disposto de forma radial ocupando parte do fundo e de uma das laterais do volume central. Nessa parte linear é onde se encontra a cúria militar, vestiários, sala de espera, a sacristia, o salão de festas com chapelaria, banheiros e cozinha. Ainda há um outro volume menor que está disposto na lateral contrária ao volume linear que abriga uma capela. A partir do acesso principal, é possível seguir reto em direção a nave ou ir direto para a capela de um lado ou o salão de festas do outro por meio de uma passarela acima do espelho d'água.

O volume da nave é sustentado por 24 pórticos em concreto armado com dois apoios principais, um mais externo saindo do espelho d'água e outro mais central. Os pórticos vão afinando quando chegam no centro do círculo e se depositam em uma estrutura anelar onde a cobertura se abre para entrada de luz natural. O cálculo e projeto estrutural foram realizados pelo engenheiro Walmor Zeredo.

O modelo computacional foi construído no software Ftool por meio de um modelo em barras seguindo de forma proporcional as dimensões do detalhamento do pórtico. É importante ressaltar alguns parâmetros que são utilizados para alimentar o software. Por ser um modelo qualitativo baseado no princípio da similaridade como os modelos físicos reduzidos, o valor não influencia no cálculo dos esforços pois as barras possuem o mesmo módulo de elasticidade (E). Por isso, foi considerado um valor numérico unitário para a construção do modelo. O mesmo ocorre com o dimensionamento das peças, por simplicidade de modelo, neste caso

Para análise da forma estrutural e criação do modelo computacional em barras foi utilizado o desenho dos pórticos que compõem a nave. O pórtico é composto por dois apoios fixos, sendo um com composição na diagonal. Foram realizadas duas análises, na primeira foi considerado três apoios fixos. Devida a grande quantidade de pórticos, seria possível considerar que o anel central é bem rígido, funcionando mesmo como um apoio.

Já o segundo modelo não considerou nenhum tipo de apoio na extremidade direita do modelo, como se estivesse em balanço. Essa decisão foi tomada na intenção de entender que alterações a forma poderia sofrer dependendo do tipo de apoio escolhido. E em ambas, como esse pórtico tem o objetivo de sustentar a cobertura, composta por uma laje uniforme, é possível considerar uma carga distribuída na montagem do modelo computacional.

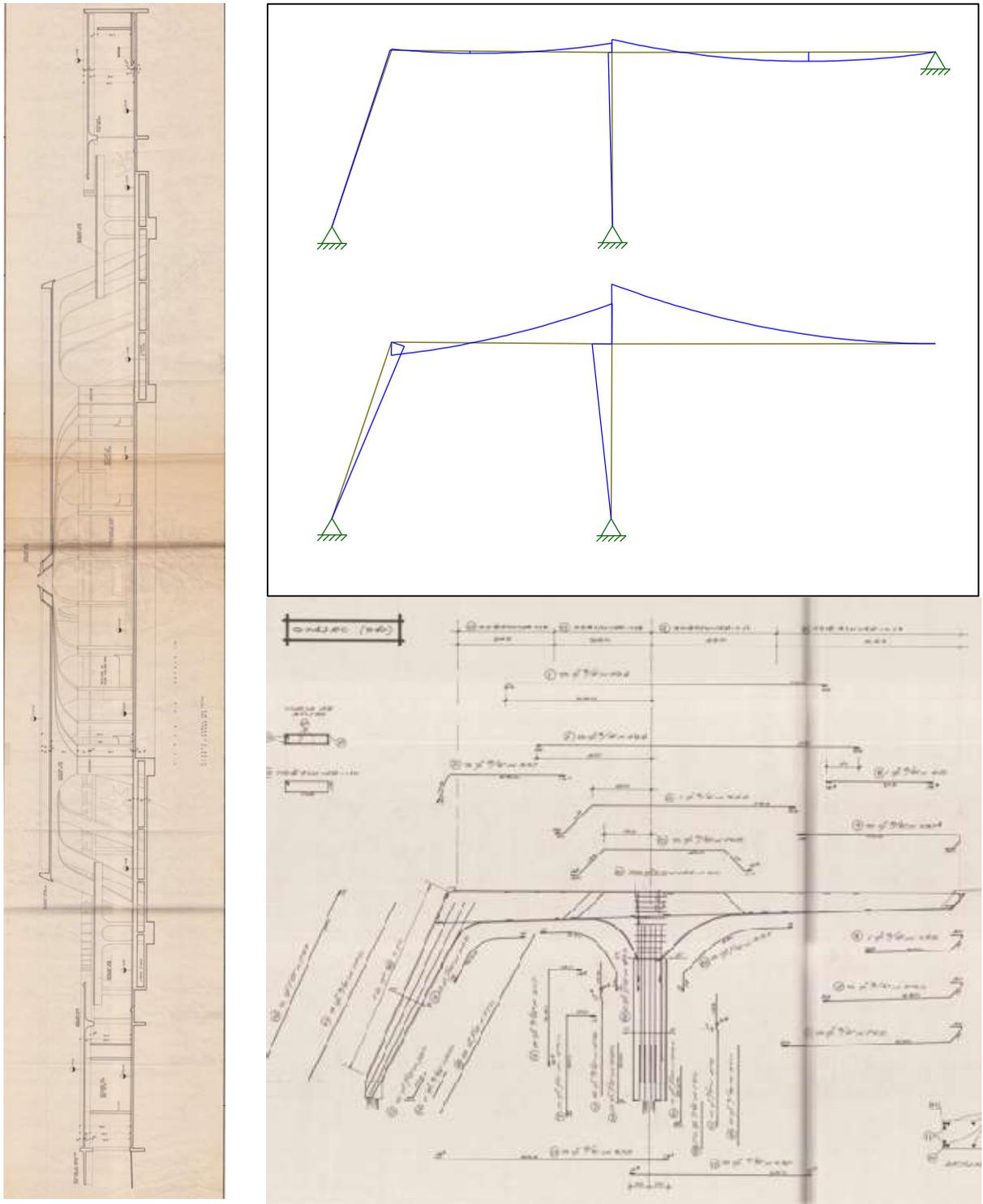


Figura 7 – À esquerda o corte do Oratório do Soldado realizado por Milton Ramos. Fonte: Forças Armadas, à direita acima os diagramas de esforços das hipóteses de apoios. Fonte: Autores e à esquerda em baixo o detalhe da armação do pórtico da nave do Oratório do Soldado realizado por Walmor Zeredo. Fonte: Forças Armadas.

Os gráficos de Momento Fletor (Figura 10) mostram curvaturas que estão diretamente relacionadas à flexão que o modelo sofre. Esse desenho é um resultado da relação entre os esforços e os vãos vencidos. É possível ver que o desenho das conexões entre os apoios e a parte horizontal do pórtico possuem uma correspondência forma bem próxima com os esforços demonstrados no gráfico. Nos modelos apresentados na Figura 10, os gráficos se aproximam bastante da forma do projeto original, principalmente com relação ao alargamento da ponta para a parte superior do apoio em diagonal e à assimetria entre as curvaturas no apoio centralizado. A principal alteração de um modelo para o outro está nos momentos sofridos. O primeiro, que possui um apoio no final, apresenta um momento fletor bem menor do que o que está em balanço. Portanto, por meio da análise

da forma estrutural do Oratório do Soldado, é possível visualizar o entendimento que Milton Ramos possuía sobre estruturas e seu potencial, indo além da função básica;

Uma outra forma de analisar a forma dos pórticos poderia ser considerando na ponta, onde todos os pórticos se encontram em um anel, um apoio elástico tipo mola, já que pode sofrer deslocamentos de acordo com a carga aplicada. Suyene Riether Arakaki (2012) explica o funcionamento desse tipo de apoio em sua dissertação de mestrado citando Sussekind (1976):

“Segundo Sussekind, um suporte elástico é todo aquele que absorve a reação de apoio à custa de sua deformação na direção dessa força. O deslocamento de um apoio elástico, também chamado de mola, é proporcional à força aplicada F e depende da rigidez de sua geometria, representada pelo coeficiente K . Para conhecermos o valor de K , definida como constante de mola, basta aplicarmos no elemento que funciona como apoio uma força F no ponto em que recebe a estrutura e calcular seu deslocamento D neste ponto, sob a ação de F (...) Um número pequeno para K , próximo de zero, significa a ausência de apoio assim como um valor que represente o infinito para o coeficiente K descreve as condições de um suporte rígido, indicando que o deslocamento é inversamente proporcional ao coeficiente de rigidez do apoio elástico. (Arakaki, 2012, p.150 e 151)

Neste caso, provavelmente, o momento fletor teria um valor entre os dois modelos analisados. Vale uma análise futura sobre essas especulações.

Considerações finais

Conforme destacado inicialmente, Brasília se mostrou um canteiro de obras experimental e aberto para experimentações e inovações. Ao se analisar a Arquitetura Moderna do ponto de vista da forma estrutural é possível encontrar, nos diversos objetos de análise, arquitetos que desenvolveram um trabalho muito alinhado entre forma e estrutura.

Na leitura preliminar de parte do conjunto de edifícios projetados por Milton Ramos, que vencem grandes vãos, é possível constatar que os edifícios analisados possuem uma interessante integração entre forma estrutural e forma arquitetônica. Além disso, alguns deles possuem conexões com os princípios de Billington sobre Arte Estrutural (eficiência, estética e economia), em especial, o Estádio Nacional ou Pelezão, que materializou uma forma bem expressiva e um estreito diálogo com obras de relevância mundial como o Hipódromo de Zarzuela e o Estádio Flaminio.

Aprofundar o conhecimento sobre profissionais como Milton Ramos é importante, não somente para uma compreensão dos feitos em destaque, mas também para contribuir na percepção da integração entre arquitetura e estruturas, na formação de novos arquitetos e engenheiros. Nesse contexto, a forma de análise de edifícios por meio de sua história, concepção e com o uso de ferramentas computacionais se mostra uma abordagem de aprendizado e ensino interessante.

Por fim, os autores gostariam de agradecer a contribuição de Edimilson Torres de Oliveira Junior por auxiliar no levantamento de parte do material e por pesquisas iniciais acerca do Oratório do Soldado.

Referências

- ALVES, Samara Neta. 2024. A Construtora Rabello e a Pré-fabricação na implementação de Brasília: 1960-1970. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Universidade de Brasília. Brasília : s.n., 2024.
- ANÁLISE. In: MICHAELIS, Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa. Editora Melhoramentos, 2025. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/an%C3%A1lise/>>. Acesso em: 11/02/2025.
- ARAKAKI, Suyene Riether. Igreja Católica de Superquadra: origens da concepção arquitetônica. 184 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro: Abnt, 2014.
- ASSUMPTÃO, Luis Otávio Teles; NEVES, Ricardo Lira de Rezende; ARAËJO, Rogério Gedeon de. Memória do ESTÁDIO “PELEZÃO”: uma identidade em construção. História, Histórias, Brasília, v. 2, n. 4, p. 119-130, 2014.

- BENEVOLO, Leonardo. História da Arquitetura Moderna. 3. ed. São Paulo: Editora Perspectiva SA, 2001.
- BILLINGTON, David P. Tower and the Bridge: The New Art of Structural Engineering. New York: Basic Books, 1983. 306p.
- BLOOM, B. S. (1956). Taxonomy of educational objectives. (Vol. 1). New York: David Mckay.
- BRASÍLIA. Comando Militar do Planalto. Paróquia Militar do Oratório do Soldado. 2019. Disponível em: <http://www.cmp.eb.mil.br/index.php/oratorio-do-soldado>. Acesso em: 24 fev. 2025.
- FONSECA, Roger Pamponet; SÁNCHEZ, José Manoel Morales; III CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS, 2010, Rio de Janeiro. A Razão da Leveza da Ponte de Niemeyer em Brasília. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pontes e Estruturas, 2010.
- LIMA, Carlos Henrique Magalhães. Modernidades brasileiras: a obra de Milton Ramos. 2008. 200 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- MARTHA, L. F. (2010). Análise de Estruturas: Conceitos e Métodos Básicos. Editora Campus/Elsevier.
- MARTHA, L. F. (2018). FTOOL: Um Programa Gráfico-Interativo para ensino de comportamento de estruturas. Rio de Janeiro: Tecgraf/PUC-Rio.
- METRÓPOLIS. Pelé: grama que o Rei pisou no DF virou prédio, arena e até clube. 2022. Disponível em: https://www.metropoles.com/esportes/futebol/pele-80-anos-grama-que-o-rei-pisou-no-df-virou-predio-arena-e-ate-clube#google_vignette. Acesso em: 24 fev. 2025.
- SALVADORI, Mario George; HELLER, Robert. Structure in Architecture. Englewood cliffs: Prentice Hall, 1963.
- SÁNCHEZ, J.M. Exploring Structural Form: A Qualitative Computational Approach. 14th International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions, (SAHC 2025). Lausanne, Swiss, 2025 (no prelo).
- SIEGEL, Curt. Formas estructurales en la arquitectura moderna. Mexico: Continental, 1960. 310 p.
- SILVA, Daíçon Maciel da; SOUTO, André Kraemer. Estruturas: uma abordagem arquitetônica. 5. ed. Porto Alegre: Uniritter, 2015.
- SUSSEKIND, José Carlos. Curso de Análise Estrutural. Volume II. Editora: Globo. 1ª edição. 1976.
- TIMOSHENKO, S. P. (1982). Resistência dos Materiais. Rio de Janeiro: LTC.