

NUMERICAL ANALYSIS AIMING TO IDENTIFY THE EQUILIBRIUM AND RATIONALIZATION IN THE STRUCTURAL DESIGN OF THE RESIDENTIAL BLOCKS OF THE COLINA - UNB

Marcelo Aquino C. R. da Silva

Marcio A. R. Buzar

arq.marcelo.real@gmail.com

buzar@unb.br

PPG-FAU-UNB

PPG-FAU Programa de Pós-Graduação, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo Universidade de Brasília Campus Universitário Darcy Ribeiro, 70910-900, Distrito Federal, Brasil

Leonardo S. P. Inosoja

leinojosa@unb.br

ENC-FT-UNB

ENC-FT Departamento de Engenharia Civil e Ambiental Faculdade de Tecnologia Universidade de Brasília Campus Universitário Darcy Ribeiro, 70910-900, Distrito Federal, Brasil

Abstract. The University of Brasília was part of a daring and experimental plan that reached several areas of knowledge, its conception was marked by the architectural and constructive experimentation. Rapid execution and cost-effectiveness were key guidelines in the early years of the Darcy Ribeiro Campus, making room for precast technology. Inserted in this context, the Colina Residential Buildings designed by the architect João Filgueiras Lima (Lelé) were built within a year and appear in the expectation of filling the housing deficit of the university in the mid 1960`s. This work covers the rationalization process of the construction in the initial context of the physical implantation of the university. Comparative numerical analyzes are performed using available computational tools such as Ftool and Sap 2000. Through these analyzes it is possible to justify the choice of the precast structures by means of the balance of forces and to observe the technical solutions of the structural system adopted. In addition, the studies reinforce the economic issue of precast structures by quantifying the volume of the situations tested.

Keywords: Precast structures; João Filgueiras Lima; Colina

Resumo. A Universidade de Brasília fez parte de um plano ousado e experimental que atingiu diversas áreas do conhecimento, sua concepção foi marcada pela experimentação arquitetônica e construtiva. Execução rápida e custo-efetividade foram diretrizes fundamentais nos primeiros anos do Campus Darcy Ribeiro, abrindo espaço para a tecnologia de pré-moldado. Inseridos nesse contexto, os Edifícios Residenciais Colina, projetados pelo arquiteto João Filgueiras Lima (Lelé), foram construídos dentro de um ano e aparecem na expectativa de preencher o déficit habitacional da universidade em meados da década de 1960. Este trabalho cobre o processo de racionalização da construção no contexto inicial da implantação física da universidade. Análises numéricas comparativas são realizadas utilizando ferramentas computacionais disponíveis como Ftool e Sap 2000. Através dessas análises é possível justificar a escolha das estruturas pré-moldadas por meio do balanço de forças e observar as soluções técnicas do sistema estrutural adotado. Além disso, os estudos reforçam a questão econômica das estruturas pré-fabricadas quantificando o volume das situações testadas.

Palavras Chaves: Estruturas Pré-moldadas; João Filgueiras Lima; Colina

1 Introdução

A construção de Brasília foi um marco para a história da modernidade dos anos de 1960. Neste período houve a consolidação de Oscar Niemeyer como um grande nome da arquitetura brasileira, assinando diversas obras na nova capital, além de abrir espaço para novos talentos como João Filgueiras Lima (Lelé), Milton Ramos e Glauco Campello, que foram fundamentais na assinatura e participação em diversas obras.

Um fator importante na construção da nova capital foi a criação da Universidade de Brasília (UnB), que foi inaugurada em abril de 1962. Durante a materialização do campus foi criado, por meio de um conselho diretor, o Centro de Estudos e Planejamento Arquitetônico e Urbanístico (Ceplan), sob a coordenação de Oscar Niemeyer e a secretaria executiva de Lelé, sendo encarregado de vários projetos para Brasília, mas especialmente pelo planejamento e crescimento físico da universidade.

Durante a atuação de Oscar Niemeyer na coordenação do Ceplan, o arquiteto promoveu uma mudança significativa no plano orientador, além de introduzir o contato de Lelé com a tecnologia do pré-moldado que foi fundamental na economicidade e agilidade nas construções do campus. Segundo Underwood [1] Niemeyer se interessou por soluções compactas e de simples geometria, onde os problemas de hierarquia e de caráter arquitetônico deveriam andar juntas, como uma unidade. Entretanto esta motivação se associa a uma demanda natural no processo de construção da Universidade, que eram o tempo e economia.

Nos anos de 1961 e 1962 o campus Darcy Ribeiro recebeu suas primeiras construções, neste intervalo de tempo foi concebida uma grande área de aproximadamente 13.000 m², que seria composta por nove edificações provisórias que abrigariam todos os serviços da universidade, até a conclusão das definitivas. Durante este período, os alojamentos de professores e alunos eram improvisados e estavam espalhados por diversas áreas do campus. Nas proximidades do ICC, nos pavilhões OCA e barracões próximos ao Centro Olímpico alojavam-se centenas de pessoas à espera das construções definitivas.

Além dos Blocos da Colina, muitas soluções foram especuladas para resolver o problema da habitação no campus. Uma delas foi um protótipo desenvolvido por Oscar Niemeyer e Lelé que contava com a possibilidade ser empilhado em até três pavimentos. A ideia era desenvolver esses módulos em fábrica para depois levá-los ao local de empilhamento. O objetivo deste protótipo era suprir a ausência de moradia para os estudantes, como ilustra-se nas Figuras 1 e 2.

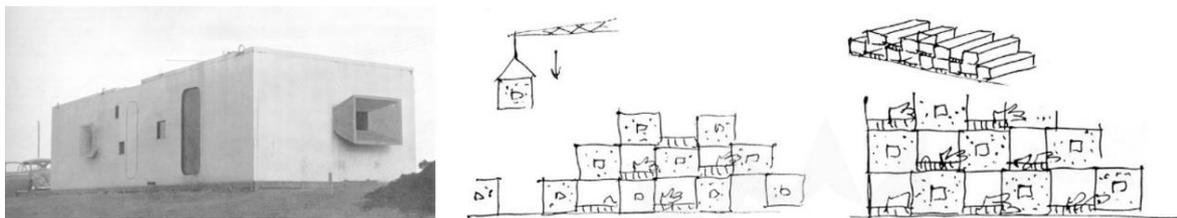


Figura 1. Protótipo: Revista Acrópole, 1970

Figura 2. Croqui esquemático da montagem: Revista Acrópole, 1970

A partir de 1962 uma série de experiências com elementos pré-moldados foram feitas na universidade, como: os galpões de serviços gerais (SG), o Instituto de Central de Ciências (ICC), os blocos residenciais da Colina entre outros. Este último foi idealizado por Lelé e será o objeto em estudo deste trabalho, mas especificamente o bloco A, ilustrado na Figura 3.

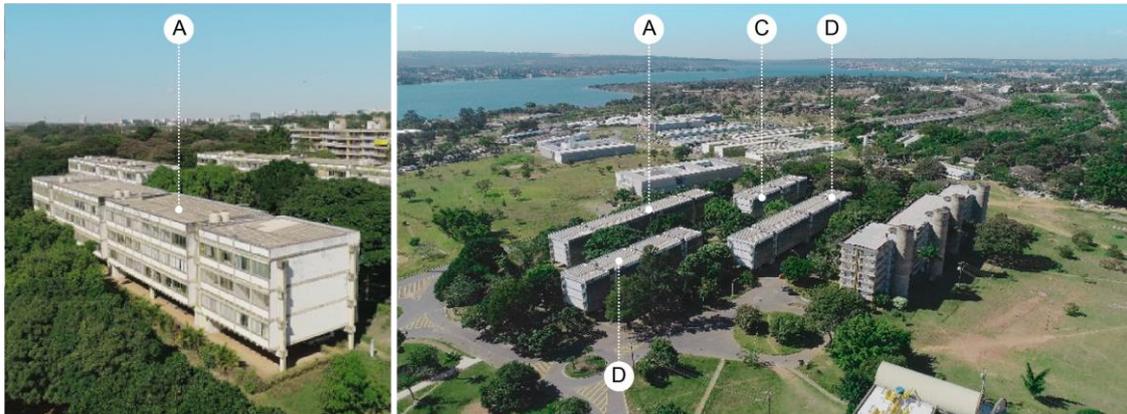


Figura 3. Fotografia aérea do bloco A da Colina Velha: Acervo do autor, foto: Lucas Parahyba, 2018

Figura 4. Fotografia aérea do conjunto arquitetônico da Colina Velha: Acervo do autor, foto: Lucas Parahyba, 2018

Vale ressaltar que a área da Colina no campus Darcy Ribeiro possui dois momentos distintos que afetam na nomenclatura do local. O conjunto projetado por Lelé entre 1963 e 1964 constituem a Colina Velha, composta por quatro blocos. Entre os anos de 1988 e 1992 um conjunto de sete blocos (E, F, G, H, I, J e K) foram projetados pelo arquiteto e professor aposentado da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UnB, Paulo Marcos Paiva de Oliveira, que compõem a chamada Colina Nova. Nas Figuras 5 e 6 ilustram-se os blocos I e G que fazem parte da Colina Nova.



Figura 5. Bloco I da Colina Nova: Acervo do autor

Figura 6. Bloco G da Colina Nova: Acervo do autor

O conjunto arquitetônico da Colina Velha está localizado nas extremidades do campus Darcy Ribeiro na Universidade de Brasília e é composto por quatro edificações de três pavimentos de aproximadamente 12 metros de altura dispostas, de forma paralela em duas tipologias dimensionais como ilustrado na Figura 4. Os Blocos B e C possuem 2.699 m² e 60 metros de comprimento, já o A e D são maiores com uma prumada a mais, totalizando 90 metros no sentido longitudinal e uma área de 4.204 m².

O sistema construtivo adotado utiliza os conjuntos de circulação vertical, fundidos no local como elementos de contraventamento e rigidez da construção. Esses elementos que suportam as estruturas pré-moldadas que constam de vigas de seção retangular dupla de treze toneladas, formando conjuntos rotulados do tipo Gerber, com vãos que variam de 13 a 15 m, Lima [2]. Neles, apoiam-se as lajes nervuradas protendidas, que constituem os pisos dos apartamentos. As instalações alojam-se, aparentes, na alma da viga de seção retangular dupla, como ilustrado na Figura 7.

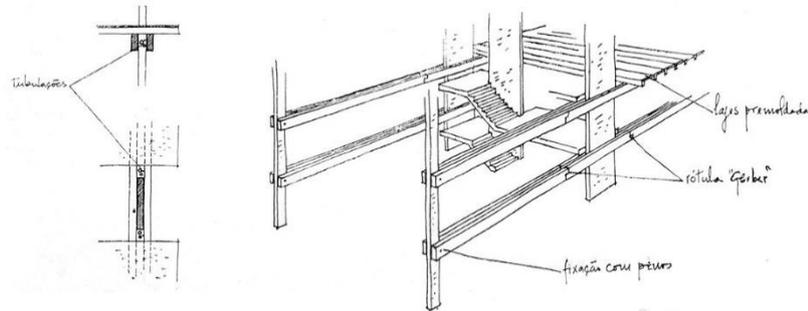


Figura 7. Croquis do sistema estrutural dos blocos residenciais da Colina elaborado por Lelé: Revista Acrópole, 1970

A construção da UnB teve diversos momentos, mas os anos de 1962 a 1970 ficaram conhecidos como *A Experiência de Pré-fabricados*, que Schlee [3] chama de Fase 1 e que inicia o seu encerramento com a instauração do Golpe Militar de 1964, que acarretou da demissão de vários profissionais do corpo técnico do Ceplan.

Na Figura 8 ilustra-se a construção do bloco A no ano de 1963, durante o período que marca a experimentação com a pré-fabricação.



Figura 8. Construção do bloco A da Colina Velha em 1963: UnB Notícias, foto: Gladson da Rocha, 2017

Figura 9. Bloco A da Colina Velha: Archdaily, foto: Joana França, 2014

A experiência com a pré-fabricação na UnB foi um marco da construção civil e autores como Bruand [4] colocam Brasília no pioneirismo da aplicação desta tecnologia no Brasil, junto com a cidade de São Paulo. Portanto, a investigação histórica e a análise estrutural de obras exponenciais em pré-moldados, como as construídas no campus Darcy Ribeiro no começo dos anos de 1960 são de grande importância para a geração de dados técnicos e teóricos, além de valorizar a história e o conjunto arquitetônico da Universidade de Brasília.

1.1 Equilíbrio e Racionalização

O equilíbrio de forças é uma propriedade fundamental para a concepção da forma estrutural, alguns autores, como Siegel [5] e Savadori [6] vão destacar o caráter expressivo da estrutura, sob a perspectiva do equilíbrio estrutural.

A racionalização por sua vez, consiste em um conjunto de estratégias organizacionais e tecnológicas que visam a economia de etapas, fundamental para o processo de construção das primeiras edificações no campus Darcy Ribeiro.

A relação entre equilíbrio de forças e o processo de racionalização da construção vão se aproximar de forma indireta, onde o projeto de edificações, a partir de sistemas construtivos pré-estabelecidos, permitirá uma lógica estrutural, que buscará o balanço entre forma, função, economia e construção.

1.2 Objetivo

O objetivo desta pesquisa é a análise comparativa do equilíbrio estrutural do sistema de pré-moldados utilizado no bloco A do conjunto arquitetônico da Colina assinado por João Filgueiras Lima (Lelé) com modelos estruturais em diversas situações de apoio. De forma complementar foi quantificado o volume de concreto utilizado em cada estudo de caso para efeito da análise.

2 Procedimentos Adotados

A natureza desta pesquisa foi definida na expectativa de ilustrar a aplicação de conhecimentos práticos, portanto este trabalho apresentará quatro simulações realizadas em software, que aplicarão cargas em situações de apoio distintas nas vigas longitudinais do bloco A da Colina. Para tais simulações foram necessários os seguintes levantamentos: Dimensões; Pré-dimensionamento; Carregamentos.

As simulações 1 e 2 abordarão situações de apoio no sistema pré-moldado, onde, a primeira será uma abordagem do que foi construído, transformando-se no parâmetro comparativo principal, já a segunda, consistirá na variação do apoio trocando a posição das rótulas Gerber.

Nas simulações 3 e 4 foi necessário fazer um pré-dimensionamento, pois nesta situação se abordou o sistema considerado como construção convencional feita in loco, utilizando também o concreto armado.

A resultante do levantamento das dimensões e do pré-dimensionamento possibilitou a modelagem tridimensional e a elaboração de desenhos técnicos, que por sua vez, viabilizarão a quantificação dos volumes de concreto em cada simulação.

O levantamento de cargas consistiu na abordagem das ações permanentes e acidentais, como se trata de sistemas diferentes, ambas situações possuem cargas distribuídas distintas, sendo fundamental para a simulação e lançamento de dados no software Ftool e Sap 2000. Neste procedimento, se utilizou como base a norma NBR 6120 – Cargas para o Cálculo de Estruturas em Edificações.

2.1 Dimensões

A primeira etapa da pesquisa consistiu no levantamento dimensional da situação atual da edificação em estudo.

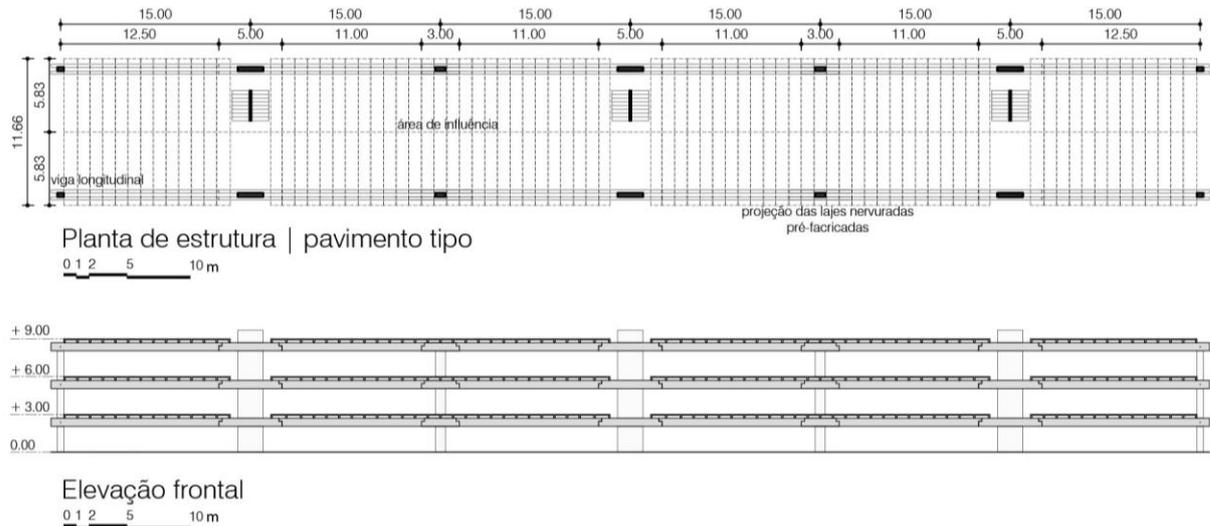
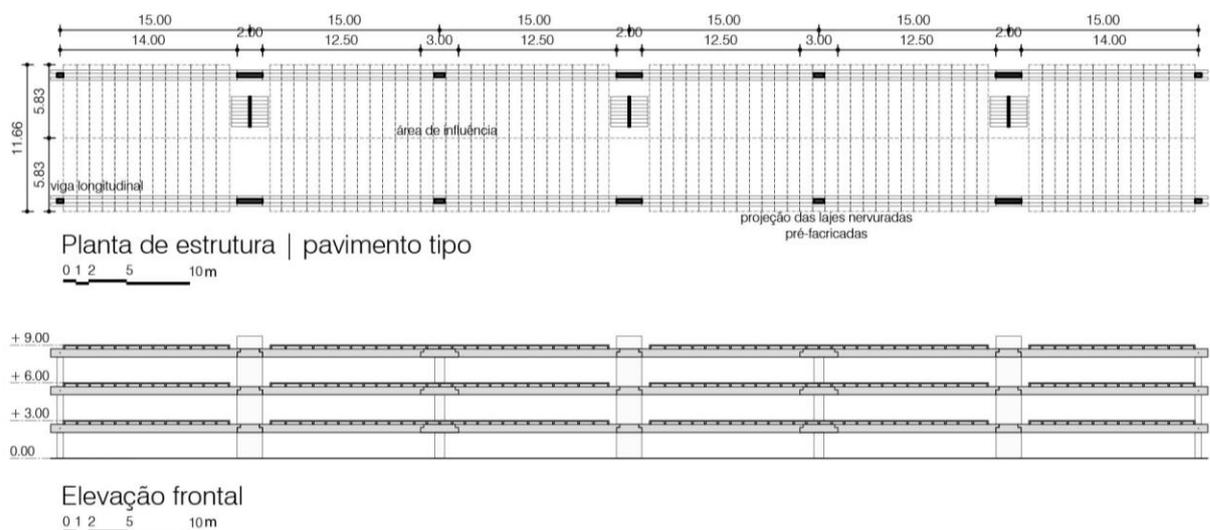


Figura 10. Planta estrutural e elevação frontal da simulação 1: Elaborado pelo autor

A simetria do edifício está atrelada a rigidez da estrutura e a necessidade organizacional nos sistemas de pré-moldados. Portanto, modulação é um artifício fundamental e presente em vários elementos estruturais. Na planta estrutural, os pilares estão dispostos em configuração linear a cada 15 metros, as placas de lajes nervuradas, a cada 2 metros e as rótulas das vigas Gerber possuem vãos de 3, 5 e 11 metros, como ilustrado na Figura 10.

Na Figura 11 ilustra-se as dimensões dos elementos estruturais da Simulação 2, que basicamente alterou-se a o posicionamento das rótulas Gerber. Reduzindo-as aos pilares do núcleo rígido da edificação.

Figura 11. Planta estrutural e elevação frontal da simulação 2: Elaborado pelo autor



Na Figura 12 ilustra-se as dimensões para a Simulação 3, onde alterou-se o sistema de vigamento, buscando uma lógica modular semelhante, mas que consistisse em um sistema convencional, com juntas de dilatação.

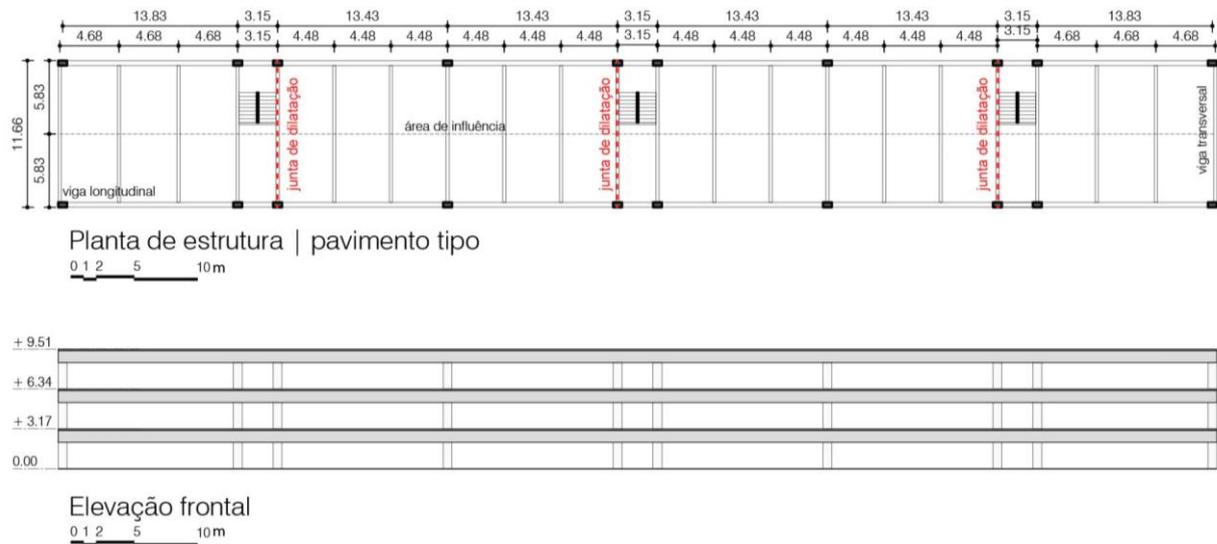


Figura 12. Planta estrutural e elevação frontal da simulação 3: Elaborado pelo autor

Na Figura 13 ilustra-se as dimensões de uma quarta situação (Simulação 4), onde optou-se em aumentar os vãos para 15 metros, em um princípio semelhante ao da Simulação 2.

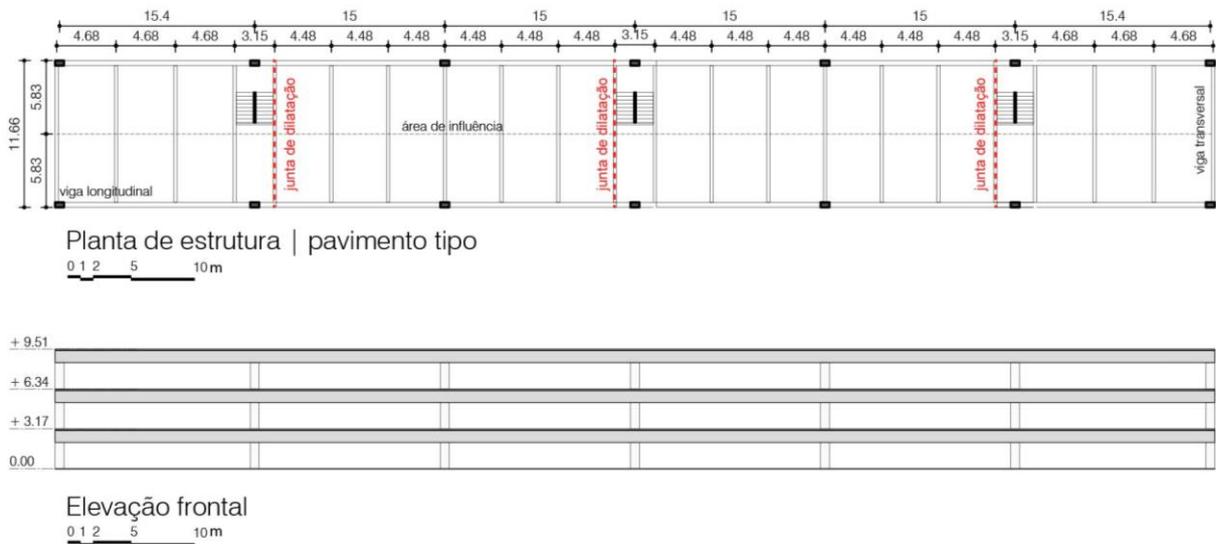


Figura 13. Planta estrutural e elevação frontal da simulação 4: Elaborado pelo autor

2.2 Pré-dimensionamento

Para fins de cálculo foi utilizado no pré-dimensionamento empírico e o critério de resistência, que estão expostas nas Equações 1, 2 e 3.

$$H = \frac{L}{12} \quad (1)$$

$$d_{min} = 1,768 \sqrt{\frac{M_{max} * 1,4}{\frac{b * f_{ck}}{1,4}}} \quad (2)$$

A Eq. 1 é referente ao pré-dimensionamento empírico, que foi utilizado inicialmente para averiguar a altura da viga. Na Eq. 2 é referente ao critério da resistência, que se utilizou como base comparativa com o pré-dimensionamento empírico. Essa formulação se completa com a Eq. 3.

$$H = d_{min} + 3cm \quad (3)$$

Um terceiro critério foi utilizado para efeito comparativo, que é o da flecha, que consiste basicamente na divisão do vão por trezentos.

Nas simulações 1 e 2 se utilizou o programa Ftool e o Sap 2000 para lançamento dos dados, diferentemente dos outros modelos, onde o levantamento de cargas e o lançamento no Ftool já se deu satisfatório.

As simulações 3 e 4 foram trabalhadas com a hipótese da aplicação de um sistema estrutural considerado convencional e moldadas in loco, seguindo as diretrizes projetuais propostas por Lelé nos edifícios da Colina. Tendo como base o Bloco A, a proposta in loco busca trabalhar com uma área de projeção da edificação original, de aproximadamente 1066m².

O lançamento estrutural da proposta do sistema convencional loca os pilares nas extremidades da área de projeção da edificação original, removendo os balanços e buscando trabalhar com uma viga longitudinal diretamente apoiada sob uma fileira de pilares. O sistema de vigas é simplificado e propõe duas tipologias: as longitudinais que serão os objetos em análise e as transversais apoiadas nas vigas anteriores e nos pilares. Por fim, as lajes lisas completam o sistema estrutural.

2.3 Carregamentos

No software Ftool, as bases dos pilares foram consideradas vínculos fixos e os pontos Gerber foram inseridos como rótulas em uma estrutura isostática. Na Tabela 1 encontram-se todos os dados necessários para lançamento no programa.

Tabela 1. Dados levantados lançados no Ftool

Elemento	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Simulação 4
Peso da Viga	813 Kgf/m	813 Kgf/m	831,25 Kgf/m	831,25 Kgf/m
Peso da Laje	300 Kgf/m ²	300 Kgf/m ²	300 Kgf/m ²	300 Kgf/m ²
Peso do Revestimento	100 Kgf/m ²	100 Kgf/m ²	100 Kgf/m ²	100 Kgf/m ²
Faixa de Influência	5,83 m	5,83 m	5,83 m	5,83 m
Carga Distribuída	4,31 tf/m	4,31 tf/m	4,33 tf/m	4,33 tf/m
Carga Pontual	-	-	20,19 tf	20,19 tf
Carga Acidental	200 Kgf/m ²	200 Kgf/m ²	200 Kgf/m ²	200 Kgf/m ²
Resistência do Concreto	250 Kgf/cm ²	250 Kgf/cm ²	250 Kgf/cm ²	250 Kgf/cm ²

Em todas simulações a ação permanente no elemento estrutural em análise, consiste no somatório dos pesos da viga, lajes e revestimento. As ações acidentais utilizam como base a NBR 6123:1988.

Para a análise foram considerados os maiores momentos fletores positivos e negativos, além das maiores flechas para serem comparadas aos índices da norma NBR 6118:2014.

Na Figura 14 ilustram-se os diagramas de momento fletor de todas as simulações feitas no programa Ftool.

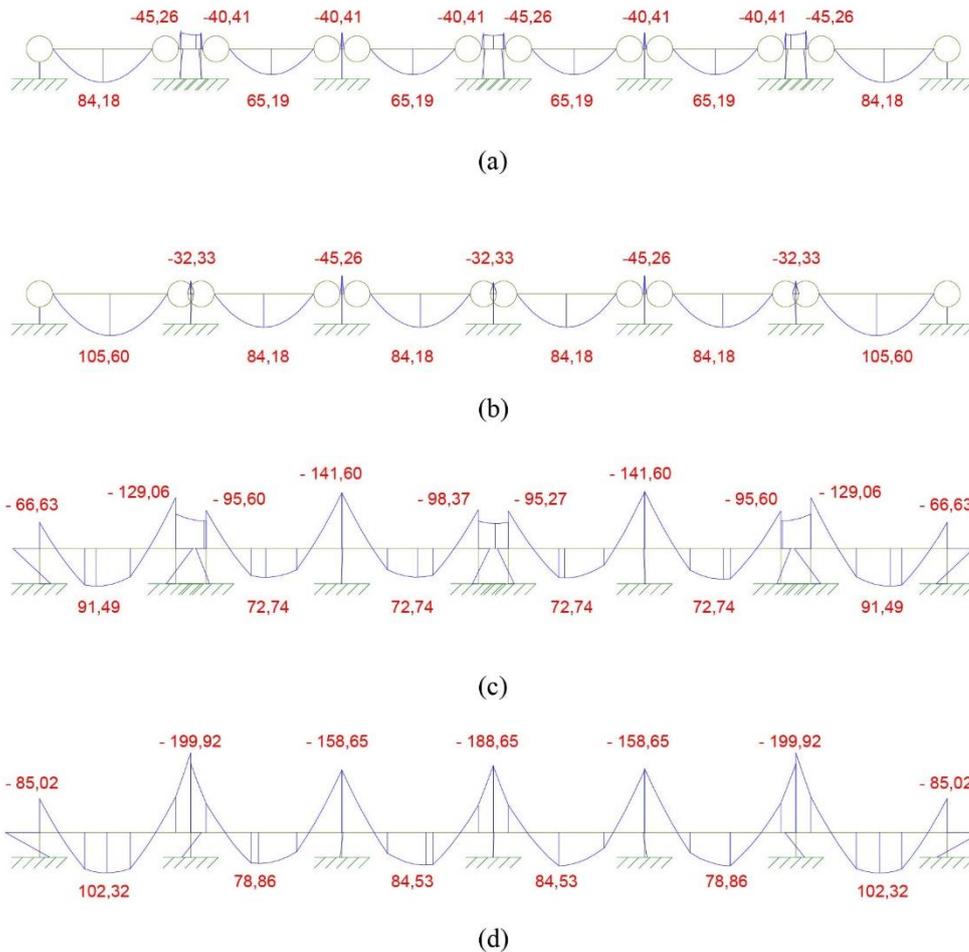


Figura 14. Diagramas de momento fletor. (a) Simulação 1, (b) Simulação 2, (c) Simulação 3 e (d) Simulação 4: Desenvolvido pelo autor no programa Ftool

Os resultados obtidos nas simulações feitas no Ftool servirão de base para a análise comparativa dos sistemas dos tópicos seguintes.

3 Análise Comparativa

O recorte desta pesquisa é a viga dupla com rótulas do tipo Gerber, sendo o elemento marcante e que exerce o principal papel no conjunto estrutural do bloco A, como ilustrado na Figura 15.



Figura 15. Perspectivas da viga dupla: Acervo do autor

No programa Sap 2000 foram lançados todos os dados necessários para obtenção dos resultados para análise, como supracitado, o foco foi na viga dupla longitudinal. Na Figura 16 ilustra-se os eixos estruturais da edificação em análise, conforme a situação existente.

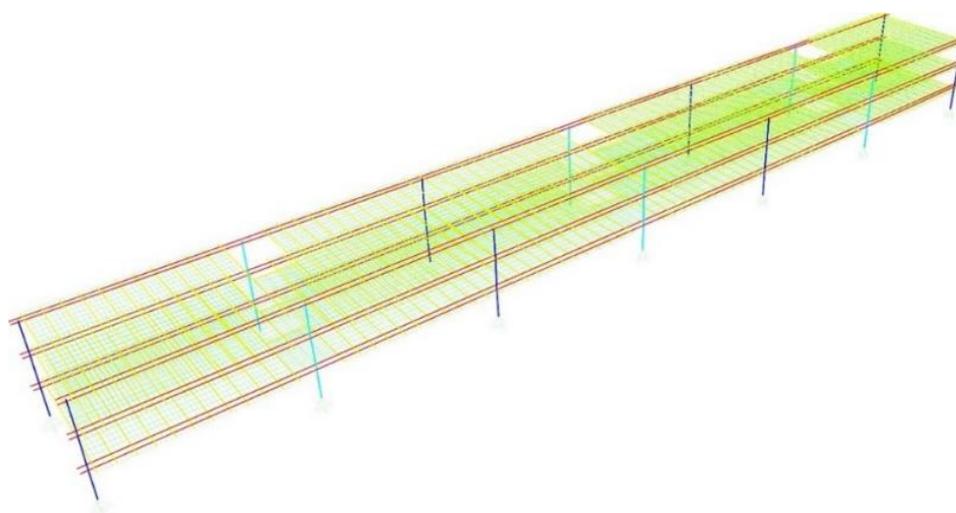


Figura 16. Eixos estruturais do bloco A do conjunto arquitetônico da Colina: Desenvolvido no programa SAP 2000

Tabela 2. Elementos estruturais lançados no programa SAP 2000

Elemento	Base	Altura	Cor
Pilar retangular	30 cm	50 cm	Blue
Pilar retangular no núcleo rígido	30 cm	200 cm	Cyan
Viga dupla protendida	25 cm	65 cm	Red
Viga transversal protendida	10 cm	30 cm	Yellow
Laje	120 cm	7 cm	Green

Visando averiguar a situação dos momentos identificou-se que os esforços internos nas extremidades possuem os maiores valores, tanto positivo, quanto negativo.

A análise consistiu na avaliação técnica dos parâmetros levantados em cada situação, o grande foco foi o equilíbrio de forças, mas faz conexões com questões referentes a economia e ao ganho arquitetônico. Portanto, foram considerados os seguintes dados, que estarão expostos na tabela 2: as cargas distribuídas, as forças pontuais, as maiores flechas, dimensões das seções e os maiores esforços de momento fletor positivo e negativo de cada simulação.

3.1 Análise das Simulações

Nas simulações 1 e 2 a viga foi analisada no programa ftool como contínua, onde os dados referentes às cargas distribuídas foram levantados de acordo com o que foi construído. Portanto, a averiguação das medidas no local foi importante para a obtenção desses dados, chegando-se a uma carga distribuída de 4,31 tf/m ao longo da viga, sendo um valor levemente inferior ao obtido nas simulações 3 e 4, pois a proposta de edificação, nessas situações, contam com vigas de seção retangular simples, não sendo duplicada como na situação construída.

Nas situações em que se utilizou o sistema considerado convencional in loco, as conexões transversais são feitas por vigas de seção 25x75 cm, que influenciam muito no peso próprio da estrutura, onde as reações de apoio geram cargas pontuais, diferentemente da proposta original, que utiliza um sistema de associação discreta que reduz consideravelmente a altura e a influência no peso da estrutura.

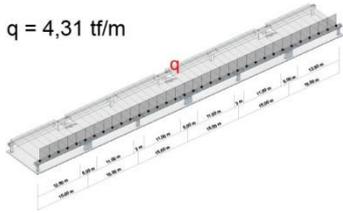
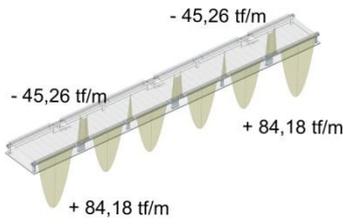
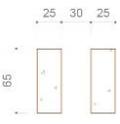
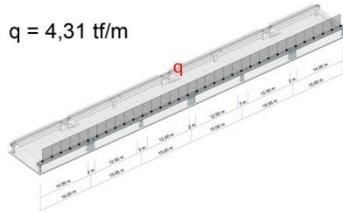
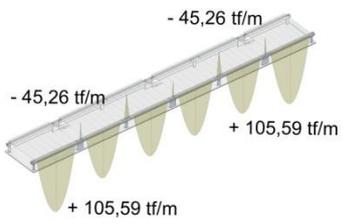
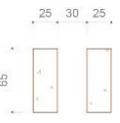
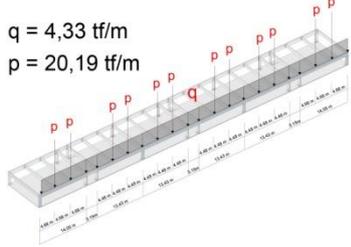
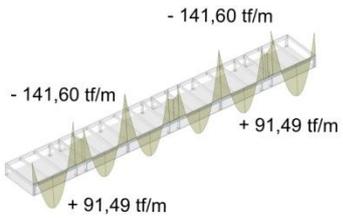
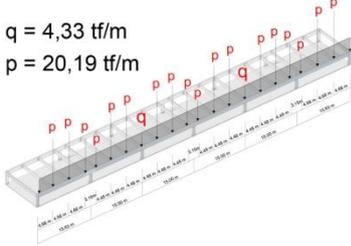
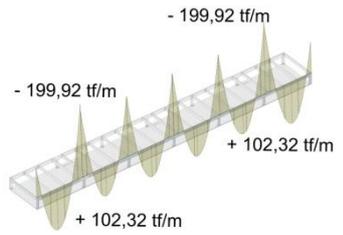
A dimensão das seções nas simulações 3 e 4 influenciam de maneira negativa no ganho arquitetônico e econômico, pois a altura das vigas nessas situações acarretou a verticalização da edificação, sendo 17 centímetros mais alto que a situação original. A grande vantagem das seções das simulações 3 e 4 foram os resultados nos diagramas de deformação das vigas, onde se obteve números bastante inferiores em relação as simulações 1 e 2, além de estarem bem abaixo do que os parâmetros da norma NBR 6118/2014 sugerem.

A situação construída é a de melhor desempenho em comparação aos esforços de momento fletor estudados, possuindo os menores valores em relação às outras simulações, proporcionando uma relação de equilíbrio muito mais estável. Em sua variação, na simulação 2, o maior esforço de momento é positivo e está concentrado nas vigas das extremidades. Isso se deve à diminuição do comprimento das vigas Gerber nos pontos de circulação vertical, que aumenta os vãos nas regiões extremas.

Basicamente estas comparações colocam a prova dois sistemas distintos, o sistema de concreto armado convencional e o de armações ativas do bloco A, onde o uso da protensão na edificação assinada por Lelé foi fundamental para a pré-fabricação dos elementos estruturais e ganho arquitetônico. Além disso o sistema de rótulas Gerber distribuído de maneira racional, contribui para o equilíbrio de das forças, zerando os esforços de momento fletor e contribuindo para uma melhor relação de equilíbrio.

Os apontamentos feitos nesse tópico estão descritos e ilustrados na Tabela 3, que contam com as variáveis necessárias para esta análise.

Tabela 3. Dados levantados para análise: Elaborado pelo autor

Simulações	Cargas distribuídas e pontuais	Flecha de deformação (mm)	Diagramas de momento fletor	Seção da viga (cm)
1	$q = 4,31 \text{ tf/m}$ 	49 mm		
2	$q = 4,31 \text{ tf/m}$ 	152 mm		
3	$q = 4,33 \text{ tf/m}$ $p = 20,19 \text{ tf/m}$ 	19 mm		
4	$q = 4,33 \text{ tf/m}$ $p = 20,19 \text{ tf/m}$ 	27 mm		

3.2 Análise de Consumo

A tabela 4 ilustra a proporção de cada estrutura e os valores em metros cúbicos de cada simulação, onde se descobriu que o edifício construído e sua variação na simulação 2 consomem uma quantidade de concreto bastante inferior em relação à estrutura pré-dimensionada considerada convencional e feita in loco. Estes valores reforçam a diretriz econômica estabelecida para elementos de pré-moldagem, sendo uma grande vantagem em relação aos outros modelos estruturais.

Tabela 4. Proporção e volume de concreto de cada simulação: Elaborado pelo autor

Simulação	Perspectiva e escada de cada simulação	Volume global de consumo de concreto (m ³)
01		473,76 m ³
02		473,76 m ³
03		724,82 m ³
04		718,34 m ³

4 Conclusões

A construção de Brasília, e, conseqüentemente, da Universidade, foi marcada pela experimentação arquitetônica e construtiva, onde se buscava executar grandes obras com agilidade e economia. O ingresso de uma nova tecnologia era necessário para a conclusão das obras, portanto a aplicação da pré-fabricação e pré-moldagem foi fundamental.

O arquiteto João Filgueiras Lima (Lelé), junto com Oscar Niemeyer, teve papel importante na inserção da pré-fabricação nas obras do campus, edifícios como: Instituto de Artes, Serviços Gerais, Oca e Instituto Central de Ciências (Minhocão) foram frutos desta tecnologia.

Os blocos residenciais da chamada Colina Velha também foram frutos da pré-fabricação, sendo considerado um dos primeiros edifícios residenciais que utilizaram tal tecnologia. Outro marco referente ao conjunto foi o fato de ter sido uma das primeiras obras assinadas por Lelé, onde o mesmo teve a oportunidade de projetar toda edificação compatibilizando uma série de sistemas e associações.

A proposta de Lelé para a construção do conjunto teve como base os princípios de quase toda obra daquela época: economia e agilidade. Por meio dessas duas atitudes, as intenções se justificariam, mas a análise comparativa deste trabalho indica outro fator, onde o equilíbrio estrutural foi importante na concepção da edificação. Através das simulações utilizando o software Ftool foi possível identificar que as vigas Gerber e seus devidos apoios colaboram de maneira significativa no equilíbrio dos esforços de momento fletor.

Os procedimentos metodológicos reforçaram a justificativa econômica, por meio das simulações e do pré-dimensionamento do sistema convencional *in loco*, sendo possível quantificar o volume global de concreto, que possibilitaram a identificação de um baixo consumo por parte da edificação construída.

Portanto, a utilização de pré-fabricados mesclada com a pré-moldagem foram fundamentais para a concepção dos blocos residenciais da Colina Velha, onde o tempo, a economia e o equilíbrio foram diretrizes importantes para justificar a implantação desse sistema.

Referências

- [1] D. Underwood. *Oscar Niemeyer e o Modernismo de formas livres*. Cosac e Naify. 2003, pp. 95
- [2] J. F. Lima. *Revista Acrópole*. N. 370, 1970, pp. 32-42
- [3] A. R. Schlee et al. *Registro arquitetônico da Universidade de Brasília*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2014, pp 10-20
- [4] Y. Bruand. *Arquitetura contemporânea no Brasil*. Tradução Ana M. Goldberger. Perspectiva, 2018, pp 15-17
- [5] C. Siegel. *Formas estruturales em la arquitectura moderna*. Compañia Editorial Continental, 1966
- [6] M. Salvadori. *Porque os edifícios ficam de pé*. Martins Fontes, 2006