

TECNOLOGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

Coletânea de Artigos

Organizadores:

João da Costa Pantoja
Márcio Augusto Roma Buzar
Naiara Guimarães de Oliveira Porto



Universidade de Brasília

	UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Reitora: Vice-Reitor: Decana de Pesquisa e Inovação: Decanato de Pós Graduação:	Márcia Abrahão Moura Henrique Huelva Maria Emília Machado Telles Walter Lucio Remuzat Rennó Junior
Diretor da FAU Vice Diretoria da FAU Coordenadora de Pós-Graduação: Coordenadora do LaSUS: Coordenador do LaBRAC:	FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO - UnB Marcos Thadeu Queiroz Magalhães Cláudia da Conceição Garcia Luciana Saboia Fonseca Cruz Marta Adriana Bustos Romero João da Costa Pantoja
Coordenação de Produção Editorial, Preparação, Revisão e Diagramação: Capa:	João Vitor Lopes Lima Farias Ana Luiza Alves de Oliveira Stefano Galimi
Conselho Editorial	Humberto Salazar Amorin Varum Osvaldo Luiz de Carvalho Souza Yara Regina Oliveira Paulo de Souza Tavares Miranda
Organização:	João da Costa Pantoja Marcio Augusto Roma Buzar Naiara Guimarães de Oliveira Porto

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Tecnologia, ambiente e sustentabilidade [livro eletrônico] : coletânea de artigos / organização João da Costa Pantoja , Marcio Augusto Roma Buzar , Naiara Guimarães de Oliveira Porto. -- 1. ed. -- Brasília, DF : LaSUS FAU : Editora da Universidade de Brasília-UnB, 2021.
ePDF

ISBN 978-65-992384-4-4

1. Artigos - Coletâneas 2. Meio ambiente 3. Sustentabilidade ambiental 4. Tecnologia I. Pantoja, João da Costa. II. Buzar, Marcio Augusto Roma. III. Porto, Naiara Guimarães de Oliveira.

21-63042
CDD-660.02

Índices para catálogo sistemático:

1. Tecnologia 660.02 Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

1ª Edição

FAU - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo / LaSUS – Laboratório de Sustentabilidade Aplicada a Arquitetura e ao Urbanismo.
Caixa Postal 04431, CEP 70842-970 – Brasília-DF. Telefones: 55 61 3107-7458. Email: lasus@unb.br / www.lasus.unb.br

ORGANIZADORES E AUTORES

João da Costa Pantoja | Organizador e Autor | Brasil

Márcio Augusto Roma Buzar | Organizador e Autor | Brasil

Naiara Guimarães de Oliveira Porto | Organizador e Autor | Brasil

Alexandre M C Dutra | Autor | Brasil

Ana Luiza Alves de Oliveira | Autor | Brasil

Clarice C. D. da Silva | Autor | Brasil

Daniel Richard Sant'Ana | Autor | Brasil

Eduardo Bicudo de Castro Azambuja | Autor | Brasil

Francisco Afonso de Castro Júnior | Autor | Brasil

Hillary Damaceno de Brito | Autor | Brasil

Hugo Rodrigues Pinheiro | Autor | Portugal

Iberê Pinheiro de Oliveira | Autor | Brasil

Igor Rafael Mendes Guimarães Alcantara | Autor | Brasil

Joára Cronemberg Ribeiro Silva | Autor | Brasil

Leonardo da Silveira Pirillo Inojosa | Autor | Brasil

Louise Boeger Viana dos Santos | Autor | Brasil

Luiza Teixeira Naili | Autor | Brasil

Mafalda Fabiene Ferreira Pantoja | Autor | Brasil

Marcelo Aquino Corte Real da Silva | Autor | Brasil

Márcio Busón | Autor | Brasil

Pedro Pantoja Luz | Autor | Brasil

Philipe Queiroz Rodrigues | Autor | Brasil

Rudi Sato Simões | Autor | Brasil

Thaís Aurora Vilela Sancho | Autor | Brasil

Stefano Galimi | Autor | Brasil

Valmor Cerqueira Pazos | Autor | Brasil

Victor Villar de Queiroz Milani | Autor | Brasil

Vitor Ramos de Quadros | Autor | Brasil

Wender Camico Costa | Autor | Brasil

ÍNDICE

Tema 1 - Estruturas e Arquitetura

I - Manutenção de helipontos elevados - Plataformas de distribuição de cargas em estruturas de concreto/aço instaladas em edifícios já construídos	07
II - A ponte de ferro de Cachoeiro do Itapemirim.....	28
III - Caracterização dos blocos de apartamento da Colina Velha na Universidade de Brasília: História, arquitetura, pré-moldado, sistemas estruturais e patologias	47
IV - Arquitetura de madeira roliça brasiliense: Um estudo de caso, Maloca e academia Unique	83
V - Aplicação do método de bielas e tirantes em vigas de equilíbrio na ferramenta Cast	97

Tema 2 - Sustentabilidade, Qualidade e Eficiência do Ambiente construído

VI - Edificações de porte monumental de arquitetura modernista: Uma contribuição para a avaliação Acústica	119
VII - Técnicas de auditoria do consumo de água: Relatos de experiência em campo	142
VIII - Elaboração de algoritmo de uso e ocupação do solo para terrenos do Distrito Federal - Brasill	157
IX - Aproveitamento de águas pluviais em edificações públicas: O caso da procuradoria geral da república	180
X - Análise de uma cobertura paramétrica de bambu composta por paraboloides hiperbólicos	194
XI - Análise da ventilação natural e de qualidade do ar interno: Hospitais Sarah Brasília e Sarah Lago Norte	206

Tema 3 - Tecnologia de Produção do Ambiente Construído

XII - Trincas em sistemas de vedação decorrentes da resistência do concreto	229
XIII - Avaliação probabilística do nível de segurança e durabilidade de estruturas existentes em concreto armado	241
XIV - A conservação do patrimônio moderno através das práticas de retrofit na infraestrutura urbana de Brasília.....	261
XV - A influência da fabricação digital junto ao design aberto nas novas gerações de produtos	283
XVI - Degradação e processo de recuperação de obra de infraestrutura: Viaduto Galeria dos Estados.....	302

TEMA 1: ESTRUTURAS E ARQUITETURA

Sistemas estruturais, equilíbrio e desempenho estrutural na arquitetura e engenharia. Estudo da forma e função estrutural. Modelagem física e computacional de estruturas. Arquitetura em aço. Arquitetura em concreto armado e protendido.

Artigos:

- I. *Manutenção De Helipontos Elevados - Plataformas De Distribuição De Cargas Em Estrutura De Concreto/Aço Instaladas Em Edifícios Já Construídos*
Dutra, A.; Pantoja, J.;
- II. *A Ponte De Ferro De Cachoeiro Do Itapemirim*
Azambuja, E.; Brito, H.; Pantoja, J.
- III. *Caracterização Dos Blocos De Apartamento Da Colina Velha Na Universidade De Brasília: História, Arquitetura, Pré-Moldado, Sistemas Estruturais E Patologias*
Silva, M.; Buzar, M.; Pantoja, J.; Inojosa, L.
- IV. *Arquitetura De Madeira Roliça Brasiliense: Um Estudo De Caso, Maloca E Academia Unique*
Luz, P.; Pantoja, J.; Pantoja, M.
- V. *Aplicação Do Método De Bielas E Tirantes Em Vigas De Equilíbrio Na Ferramenta Cast*
Rodrigues, P.; Pantoja, J.

III**CARACTERIZAÇÃO DOS BLOCOS DE APARTAMENTO DA COLINA VELHA NA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA: HISTÓRIA, ARQUITETURA, PRÉ-MOLDADO, SISTEMAS ESTRUTURAIS E PATOLOGIAS****CHARACTERIZATION OF OLD COLINA'S APARTMENT BLOCKS IN THE UNIVERSITY OF BRASÍLIA: HISTORY, ARCHITECTURE, PRECAST, STRUCTURAL SYSTEMS AND PATHOLOGIES****Marcelo Aquino Corte Real da Silva**

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

Brasília – DF, Brasil

arq.marcelo.real@gmail.com

<http://lattes.cnpq.br/4719941684572423>

Marcio Augusto Roma Buzar

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

Brasília – DF, Brasil

buzar@unb.br

<http://lattes.cnpq.br/6339433870219875>

João da Costa Pantoja

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

Brasília – DF, Brasil

joacpantoja@unb.br

<http://lattes.cnpq.br/6879105340639188>

Leonardo da Silveira Pirillo Inojosa

Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia

Brasília – DF, Brasil

leinojosa@unb.br

<http://lattes.cnpq.br/5722842765569602>

Resumo: Este artigo se propõe a destacar aspectos históricos, arquitetônicos, construtivos e patrimoniais do conjunto arquitetônico da Colina, mais especificamente, os Blocos A, B, C e D, projetados pelo arquiteto João Filgueiras Lima (Lelé) em 1962 e construídos, apenas, um ano depois com uso pioneiro do pré-moldado. Por esta perspectiva, a pesquisa se desdobra em seis tópicos, abordando inicialmente: as características do lugar em que está inserido, o contexto de sua construção e como os acontecimentos dos anos de 1950 influenciaram na viabilização da experiência com pré-moldados na UnB, os aspectos de sua arquitetura e processo construtivo. Além de concluir com uma análise estrutural que avalia as condições de equilíbrio dos maiores blocos do conjunto, junto com uma análise superficial que relaciona as manifestações patológicas do conjunto e a necessidade de se preservar o conjunto.

Palavras-chaves: Pré-moldado, Industrialização da Construção, Colina, Sistema Estrutural

Abstract: This article aims to highlight historical, architectural, constructive and patrimonial aspects of the Colina's architectural complex, more specifically, Blocks A, B, C and D, designed by the architect João Filgueiras Lima (Lelé) in 1962 and built, only one year later with pioneering use of precast. From this perspective, the research is divided into six topics, initially addressing: the

characteristics of the place in which it is inserted, the context of its construction and how the events of the 1950s influenced the feasibility of the experience with precast in the UnB, the aspects of its architecture and construction process. In addition to concluding with a structural analysis that assesses the equilibrium conditions of the largest blocks in the set, along with a superficial analysis that relates the pathological manifestations of the set and the need to preserve the set.

Keywords: Precast, Construction Industrialization, Colina, Structural System

1. O CONJUNTO ARQUITETÔNICO DAS “COLINAS”

A Universidade de Brasília (UnB) foi fundada em abril de 1962, exatamente dois anos após Juscelino Kubitschek inaugurar a Nova Capital. A concepção da universidade vem com uma série de princípios inovadores, onde o antropólogo e reitor Darcy Ribeiro¹ definiu as bases da instituição; o educador e membro do Conselho Nacional de Educação, Anísio Teixeira² planejou o modelo pedagógico; e o arquiteto Oscar Niemeyer, sob a coordenação do Centro de Estudos e Planejamento Arquitetônico e Urbanístico (CEPLAN), colaborou na implantação física do *campus*.

Localizada na porção norte da gleba A do campus Darcy Ribeiro (Figura 1), a área destinada a Colina, foi idealizada pelos arquitetos Lucio Costa e Oscar Niemeyer, para abrigar os professores e servidores da UnB. Atualmente, a região é composta por onze blocos sob pilotis, projetados pelos arquitetos, João Filgueiras Lima (Lelé), Paulo Marcos Paiva de Oliveira e Silvano da Silva Pereira, em momentos distintos da história da universidade.

Durante os anos iniciais da UnB, a demanda dos blocos da Colina surge sob à justificativa de substituir os pavilhões da OCA, que estavam servindo de alojamento para os professores. Os quatros primeiros edifícios foram construídos, entre os anos de 1962 e 1963, sendo os primeiros ocupantes, professores e alunos dos cursos de pós-graduação (instrutores), organizados em dormitórios coletivos nas unidades habitacionais.³

¹ Darcy Ribeiro foi Ministro da Educação e Reitor da UnB entre os anos de 1962-1963; Ministro Chefe da Casa Civil entre 1963-1964; Vice-Governador do estado do Rio de Janeiro entre 1983-1987 e Senador pelo estado do Rio de Janeiro entre 1991-1997

² Anísio Teixeira foi Diretor do Instituto Nacional de Estudos Pedagógicos entre 1952-1964 e Reitor da Universidade de Brasília entre 1963-1964

³ Ver SCHLEE, A. R. et al. Registro Arquitetônico da Universidade de Brasília. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2014 p. 46.

Os conjuntos de apartamentos da Colina – também conhecidos por Colina Velha – compostos pelos blocos A, B, C e D (Figura 2), foram projetados por Lelé em 1962 e construídos em 1963. Diferentemente do conjunto arquitetônico de Serviços Gerais e dos Galpões de Serviços Gerais, que foram executados pela construtora Rabelo S/A, o conjunto da Colina ficou a cargo da construtora de braço dinamarquesa Christiani Nielsen, que entrou no Brasil no começo do Século XX e executou uma das primeiras experiências com pré-fabricação no país – o Hipódromo da Gávea, em 1926.

Os primeiros blocos, também, se destacam pelo uso parcial do pré-moldado, sendo considerados – junto com o Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo (CRUSP, 1962-1963), assinado pelo arquiteto Eduardo Kneese⁴ – um dos casos pioneiros de aplicação desta tecnologia construtiva em edifícios de uso residencial. Vale ressaltar, que os Blocos de Apartamentos da Colina (A, B, C e D) fazem parte de um conjunto arquitetônico experimental, sendo destacado no documentário *Universidade de Brasília: Primeira experiência em pré-moldado (1962-1970)*, produzido pela UnB e dirigido por Heinz Forthmann sob a assessoria técnica de Lelé.

No final da década de 1980, com os crescimentos da UnB e de seu quadro funcional, foi executado a construção de seis blocos (E, F, G, H e I), todos de autoria do arquiteto Paulo Marcos de Paiva Saraiva, constituindo a intitulada, Colina Nova. Em números, os novos edifícios abrigam 264 unidades habitacionais, sendo 54 com dois quartos, 156 com três quartos e 54 com quatro quartos. Apesar da manutenção dos pilotis, os edifícios desta segunda fase da Colina alteraram o gabarito de três, para seis pavimentos, acarretando na modificação da escala do conjunto (Figura 3).⁵

⁴ Eduardo Kneese de Mello (São Paulo SP 1906 - idem 1994). Foi um arquiteto paulista e um grande estudioso da pré-fabricação no contexto dos anos de 1950 e 1960, sendo coordenador do curso de pré-fabricação da *Centre Scientifique du Batiment* de Paris, realizado na Faculdade de Arquitetura da Universidade de São Paulo (FAU-USP), integrou a equipe da Novacap à convite de Oscar Niemeyer (1956-1960), além de ter sido autor do Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo (CRUSP), que na época, havia sido idealizados para os Jogos Pan-americanos de 1963. Ver EDUARDO Kneese de Mello. In: ENCICLOPÉDIA Itaú Cultural de Arte e Cultura Brasileiras. São Paulo: Itaú Cultural, 2020. Disponível em: <<http://enciclopedia.itaucultural.org.br/pessoa286244/eduardo-kneese-de-mello>>. Acesso em: 01 de ago. 2020. Verbetes da Enciclopédia. ISBN: 978-85-7979-060-7

⁵ Ver CAVALCANTE, N. CEPLAN: 50 anos em 5 tempos. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília. Brasília, p. 512. 2015. p. 267.

Após cinco anos da construção dos seis blocos que representam a Colina Nova, no ano de 1992, foi construída a Casa do Estudante Universitário – Pós-graduação (Bloco K), assinado por Paulo Marcos de Paiva Saraiva, com a colaboração de Silvano da Silva Pereira, sendo o último bloco construído na área residencial do *campus* Darcy Ribeiro.



Figura 1 – Área correspondente ao Campus Darcy Ribeiro (esquerda). Localização dos blocos que compõem a área da Colina (direita). Fonte: Desenvolvido pelo autor

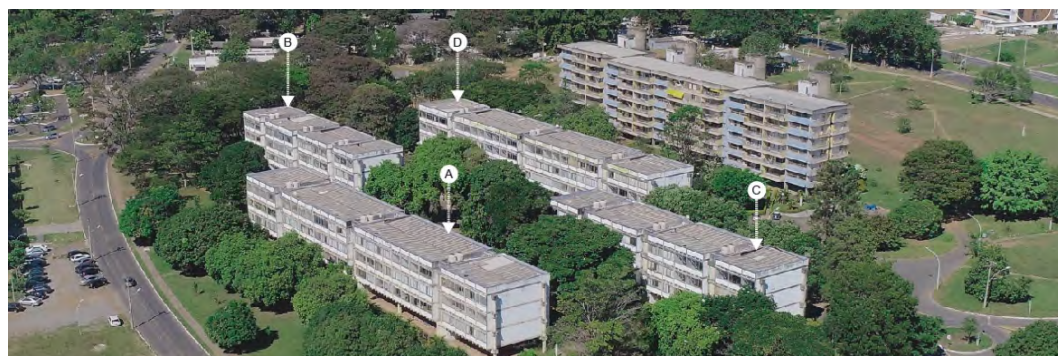


Figura 2 – Blocos correspondentes a Colina Velha (A, B, C e D). Fonte: PARAHYBA, 2017. Acervo do autor

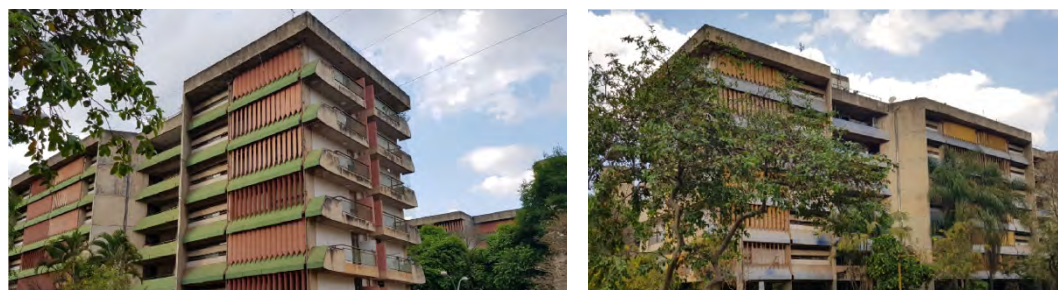


Figura 3 – Colina Nova: Edifícios com seis pavimentos. Bloco I (esquerda) e Bloco G (direita). Fonte: Acervo do autor

2. A EXPERIÊNCIA COM PRÉ-MOLDADOS NA UNB

Nos anos de 1961 e 1962 o campus Darcy Ribeiro recebeu suas primeiras construções, em uma área de aproximadamente 13.000m², que seria composta por nove edificações provisórias para que abrigassem 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. As proximidades do ICC, nos pavilhões OCA e barracões próximos ao Centro Olímpico alojavam centenas de pessoas à espera das construções definitivas.⁶

Até a inauguração da UnB – em 21 de abril de 1962 – o *campus* contava com poucas edificações construídas, sendo composta pelos pavilhões em madeira projetados por Sérgio Rodrigues (OCA I e II) e os edifícios que formam a atual Faculdade de Educação (FE1, FE3 e FE5). A demanda construtiva, o déficit habitacional e a necessidade de agilidade nas obras, possivelmente, foram condicionantes que viabilizaram a aplicação da técnica do pré-moldado, sendo aplicada – de forma integral ou associado aos sistemas convencionais de construção – em todas as construções entre os anos de 1962 e 1972 (Tabela 1).

Inicialmente, a responsabilidade pela materialização do conjunto arquitetônico em pré-moldado da universidade, foi por parte do CEPLAN – criado em 1962 – e seu corpo técnico, que naquele contexto, tinha como função de assessorar a reitoria e estava sob a coordenação de Oscar Niemeyer, com consultoria de Lucio Costa e o engenheiro estrutural, Joaquin Cardozo, além da secretaria executiva de Lelé, que segundo o próprio arquiteto, destaca o papel do órgão:

O Ceplan era o centro de Planejamento da Universidade. Foi criado para planejar, construir toda a universidade. Darcy, com aquela ambição dele, acha que poderia criar um grande centro de projetos, que tivesse relações com outras instituições, inclusive internacionais. Lá nós fizemos os projetos para Brasília.⁷

⁶ Ver SCHLEE, A. R. et al. Registro Arquitetônico da Universidade de Brasília. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2014 p. 46.

⁷ Ver LATORRACA, G. João Filgueiras Lima Lelé. São Paulo: Editora Blau - Instituto Lina Bo e P. M. Bardi, 1999. p. 19

CONSTRUÇÕES QUE FIZERAM USO DO PRÉ-MOLDADO ENTRE 1962-1972

EDIFÍCIO	PROJETO - CONSTRUÇÃO	ÁREA	AUTORIA	COLABORAÇÃO	CONSTRUTORA
PROTÓTIPO	1962-1962	47m ²	Oscar Niemeyer	Lelé (Execução e Pré-fabricação)	Rabello S. A
SG 1: INSTITUTO DE ARTES	1962-1963	2.677m ²	Oscar Niemeyer	Lelé (Execução e Pré-fabricação) e Alda Rabelo (Paisagismo original)	Rabello S. A
SG 2 e SG4: DEPARTAMENTO DE MÚSICA	1962-1963	993m ² 879m ²	Oscar Niemeyer	Lelé (Execução e Pré-fabricação) e Alda Rabelo (Paisagismo original)	Rabello S. A
SG 8: AUDITÓRIO DE MÚSICA	1962-1964	254m ²	Oscar Niemeyer	Lelé (Execução e Pré-fabricação) e Alda Rabelo (Paisagismo original)	Rabello S. A
SG 10: CENTRO DE PLANEJAMENTO OSCAR NIEMEYER	1962-1963	1.203m ²	Oscar Niemeyer	Lelé (Execução e Pré-fabricação) e Alda Rabelo (Paisagismo original)	Rabello S. A
INSTITUTO DE TEOLOGIA	1963- INCOMPLETO	7.960m ²	Oscar Niemeyer	Ernesto Guilherme Walter (Projeto Estrutural)	-
COLINA: A-D	1962-1963	8.408m ²	Lelé	-	Christiani Nielsen
COLINA: B-C	1962-1963	5.200m ²	Lelé	-	Christiani Nielsen
AMBULATÓRIO 1	1963-1964	8.108m ²	Sabino Barroso	-	Rabello S. A
ICC: INSTITUTO CENTRAL DE CIÊNCIAS	1963-1972	126.611m ²	Oscar Niemeyer	Lelé (Execução e Pré-fabricação), Miguel Alves Pereira, Nelson Saraiva da Silva e Paulo de Melo Zimbres (Paisagismo Internos e Estacionamentos)	Rabello S. A
SG 11: LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL	1963-1964	3.747m ²	Lelé	-	Rabello S. A
SG 12: LABORATÓRIO DE ENGENHARIA ELÉTRICA	1963-1964	5.670m ²	Lelé	-	Rabello S. A
TOTAL	10 anos	171.757m²	-	-	-

Tabela 1 – Ficha técnica dos edifícios que fizeram uso do pré-moldado nos anos iniciais da UnB. Fonte: Desenvolvido pelo autor

Para compreender a experiência com pré-moldados na UnB, e consequentemente, do conjunto da Colina, é importante salientar alguns eventuais acontecimentos na década de 1950 que impulsionam e contribuíram para o debate entorno da construção industrializada, como: a mudança na produção arquitetônica de Oscar Niemeyer, a experiência do arquiteto na Europa, no contexto do Pós-guerra, com o projeto dos edifícios residenciais no bairro de Hansa na Alemanha, além da abordagem da temática (industrialização das construções), que passava a ter espaço dos editoriais da época. É importante ressaltar, que além da experiência da UnB, outras duas estavam sendo executadas no mesmo período, sendo os casos do CRUSP (1962-1963) e da Refinaria Alberto Pasqualini (REAP, 1962-1968), projetada pelos arquitetos Carlos Fayet, e a Equipe de Arquitetos (EA). Estes antecedentes a construção industrializada e o uso sistemático do pré-moldado são destacados na cronologia da Figura 4.

Na virada da metade do século XX, a obra de Niemeyer passa por uma nova abordagem, dando ênfase maior aos sistemas estruturais. Esta característica é perceptível em obras que antecedem a construção da UnB, como: os Teatros para o Ministério da Educação no Rio de Janeiro (1948), a Fábrica Duchon em Guarulhos (1950), o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) em São Carlos (1950) e o Anexo do late Clube de Belo Horizonte (1962)⁸. Vale ressaltar, também, uma proposta não executada pelo arquiteto, que era uma demanda solicitada pelo então Prefeito de Brasília, José Sette Câmara Filho⁹, que consistia em um edifício de 7 pavimentos, que deveria ser construído sob lajes pré-moldadas de 62,5cm de largura por 8m de comprimento, configurando unidades habitacionais de aproximadamente 50m², totalizando 14 unidades por andar.

Esta transição na trajetória de Niemeyer foi fundamental, quando adaptada ao pré-fabricado, esse tipo de estratégia projetual acabou sendo natural. Em suas obras na UnB, os sistemas estruturais ganham bastante destaque e normalmente são os componentes (vigas, lajes, painéis) produzidos em série,

⁸ Ver VILELA, A. *Architecture without Applause The Manufactured Work of João Filgueiras Lima, Lelé*. Tese de Doutorado. ETH Zurich. Zurich, p. 323. 2019. (DISS. ETH NO. 25146). p. 41.

⁹ José Sette Câmara Filho foi prefeito de Brasília entre os anos de 1961 e 1962, anteriormente havia sido Secretário-Chefe do Gabinete Civil da Presidência da República, entre 1952 e 1954, Foi Cônsul em Florença, na Itália, em 1954; Subchefe, em 1956 e chefe, em 1959, do Gabinete Civil da Presidência da República e governador do estado da Guanabara em 1960.

no ICC por exemplo, boa parte da forma do edifício é composta por um sucessão de pórticos espaçados a cada três metros, outro exemplo que destaca esta característica é o pavilhão do CEPLAN, onde grande parte de sua massa visual é composta do elementos estruturais e pré-moldados.

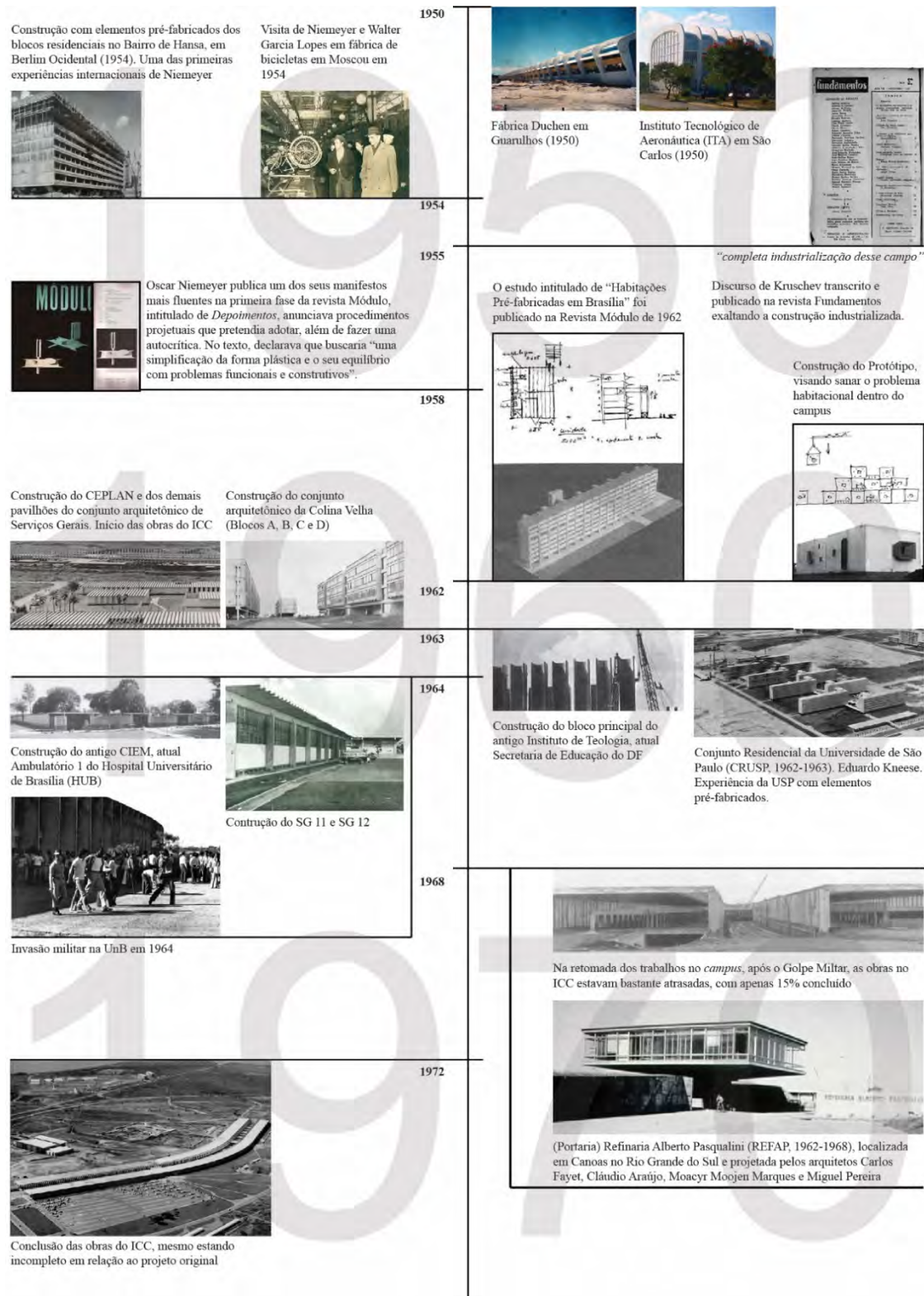


Figura 4 – Cronologia das obras, projetos e publicações que estimularam o debate entorno da construção industrializada. Fonte: Desenvolvido pelo autor

A maior abordagem da estrutura na carreira de Oscar Niemeyer é destacada pelo próprio arquiteto:

Eu passei a me interessar por soluções simples e compactas, em problemas de hierarquia e caráter arquitetônico, na harmonia entre a unidade dos edifícios, e expressar essas qualidades não de forma secundária, e sim pela própria estrutura, através da integração adequada dentro da concepção plástica original.¹⁰

A experiência no continente europeu, com o projeto dos blocos residenciais, no bairro de Hansa na Alemanha, levou Niemeyer a ter contato com a construção industrializada, no contexto do Pós-guerra, em um momento de grande investimento – por parte dos países europeus – na tecnologia do pré-fabricado, motivado, pela grande demanda gerada pela reconstrução das cidades.

Na coordenação do CEPLAN, Niemeyer teve as condições necessárias para implantar o uso do pré-fabricado nas construções do campus da UnB. A grande demanda construtiva, os prazos curtos e a necessidade de poupar custos, foram catalisadores que justificavam o treinamento de sua equipe, para se iniciar um processo de construção industrializada. Neste processo, o arquiteto Lelé foi fundamental, pois foi responsável por uma série de obras e foi um dos membros do corpo técnico do CEPLAN, que foi se especializar no leste europeu, segundo o próprio arquiteto:

Oscar sempre teve vontade de atuar na coisa da pré-fabricação. Ele me convidou muitas vezes. Na época da Universidade ele disse: “Agora vamos fazer um negócio pré-fabricado”. Não se fazia pré-fabricado no Brasil. Então era necessário tomar um conhecimento maior do problema técnico da obra. Darcy arranhou uma viagem, em 62, para países do leste, para que eu pudesse me especializar. Eu e Sabino Barroso fomos para a União Soviética, Polônia, para a Alemanha Oriental, para a Tchecoslováquia, esses países todos que estavam fazendo muita coisa pré-fabricada. O objetivo era implantar uma fábrica dentro da universidade. Cheguei a fazer o projeto da fábrica e os prédios iniciais do ICC, já com pré-fabricado. O ICC era o Instituto Central de Ciências, o minhocão.¹¹

Neste contexto, o interesse pelo conjunto arquitetônico da Colina, de autoria

¹⁰ Ver UNDERWOOD, David. Oscar Niemeyer e o Modernismo de Formas Livres no Brasil. Cosac & Naify, São Paulo, SP, 2003. p. 95.

¹¹ Ver LATORRACA, G. João Filgueiras Lima Lelé. São Paulo: Editora Blau - Instituto Lina Bo e P. M. Bardi, 1999. p. 19

de Lelé, deriva principalmente da tecnologia de pré-moldagem parcial empregadas em sua construção, utilizando peças estruturais leves que puderam ser executadas com maquinário existente na época. A primeira proposta do curso de arquitetura da UnB objetivava criar na cidade um centro nacional de pesquisa, e esses edifícios, por suas características, representavam bem a intenção de pesquisa e prospecção presentes nesse projeto.¹²

Durante as obras da Colina, o então Presidente do Brasil, João Goulart, visitou as obras do conjunto arquitetônico da Colina, acompanhado de demais autoridades. Na figura 5, ilustra-se o momento desta visita, com o Presidente ao centro da imagem. Logo ao seu lado esquerdo – encontra-se o engenheiro Ernesto Walter e, mais à direita da imagem, está Darcy Ribeiro – apontando para um dos modelos de esquadria, que provavelmente foram utilizados na edificação.



Figura 5 – Visita do Presidente João Goulart as obras do conjunto arquitetônico da Colina com demais autoridades. Fonte: Januzzi. Brasília-DF. Christiani Nielsen S/A. Foto cedida pelo arquiteto João Walter

Após quase um ano da Instauração do Golpe Militar de 1964, houve a demissão coletiva de diversos professores, inclusive dos profissionais que

¹² Ver SCHLEE, A. R. et al. Registro Arquitetônico da Universidade de Brasília. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2014 p. 46.

compunham o corpo técnico do CEPLAN, o que acaba interrompendo o processo construtivo do complexo predial da UnB e com as experiências acadêmico-construtivas em pré-moldados, gerando uma série de obras inacabadas. O órgão de assessoria técnica só vai retomar suas atividades em 1969, com a conclusão de projetos iniciados entre os anos de 1963-1964.

Entre obras acabadas e inacabadas, durante a experiência com pré-moldados, entre os anos de 1962 e 1972, o corpo técnico do CEPLAN foi responsável pela construção de 16 edifícios que fizeram o uso integral ou parcial de métodos relacionados à construção racionalizada. Vale ressaltar que nesses, 10 anos de experimentação, foram executados aproximadamente 171.757 m² de área construída, onde somente o ICC representa 68% deste valor.

3. ARQUITETURA DOS BLOCOS

A disposição do conjunto arquitetônico da Colina Velha é composta por quatro edificações com acessos independentes, formando ramos conectados ao sistema viário. Os blocos A e D, possuem quatro prumadas, seis unidades habitacionais por andar e uma área construída de aproximadamente 4.204m²; já os Blocos B e C, a quantidade de prumadas e de unidades é a mesma dos blocos citados anteriormente, mas estão dispostos em uma área construída de aproximadamente 2.699m² (Figura 6).

Segundo o programa de necessidades, o edifício abriga, em sua base, áreas de estar, estacionamentos e áreas técnicas. No pavimento tipo estão as unidades habitacionais, estas variam de dimensão conforme cada tipologia de apartamento (Tipo I: 144m², Tipo II: 108m² e Tipo III: 84m²). Vale ressaltar, que os apartamentos do Tipo I estão dispostos nos Blocos A e D, e os de Tipo II e III, nos Blocos B e C. A compartimentação interna dos apartamentos é bastante flexível, com a separação de ambientes feita por meio de divisórias e armários.

O programa está disposto em dois tipos de edifícios, de planta retangular nas dimensões: 12x89,5 metros (A e D), 12x69,5 metros (B e C). Ambos edifícios estão elevados sob pilotis com duas linhas de pilares moduladas a cada 13 e 15 metros. Com relação à orientação solar, todos os blocos estão dispostos em norte-sul no sentido longitudinal. As aberturas voltadas para Leste direcionam as vistas dos quartos e salas para o Lago Paranoá. A oeste, estão as fachadas de serviços e de maior incidência solar, são compostas por painéis de cobogós.

Tema 1: Estruturas e Arquitetura

III - Caracterização dos Blocos de Apartamento da Colina Velha na Universidade de Brasília: História, Arquitetura, Pré-moldado, Sistemas Estruturais e Patologias



Figura 6 – Desenhos técnicos dos tipos de blocos do conjunto arquitetônico da Colina Velha.
Fonte: Desenvolvido pelo autor

Ao avaliar os elementos arquitetônicos e formais do conjunto da Colina, é quase impossível não citar os elementos pré-moldados, pois o edifício assinado por Lelé, partiu de uma premissa que norteou os partidos arquitetônicos dos primeiros edifícios industrializados do *campus*, valorizando a capacidade de flexibilidade das compartimentações internas, em edifícios modulados, de formas austeras e que simplificassem o processo de projeto.

A experiência da UnB foi significativa para a trajetória profissional de Lelé, durante a sua trajetória no CEPLAN teve autonomia e a oportunidade de trabalhar nos primeiros projetos de sua autoria. Sobre a experiência na UnB, o arquiteto destaca:

Na Universidade, eu fazia muita questão de mostrar os projetos em que estava trabalhando. Quando Oscar estava viajando, eu fiz o projeto do Galpão de Serviços Gerais e o da Colina. No da Colina, eu me senti meio desamparado, porque não podia mostrar o projeto para o Oscar. Aí, em uma ocasião em que fui ao Rio tratar com o Dr. Lúcio de questões de urbanismo do setor residencial.¹³

Com relação ao sistema construtivo adotado, os conjuntos de circulação vertical – fundidos *in loco* – eram os núcleos responsáveis pelo contraventamento e rigidez da construção. Os elementos que suportam as estruturas pré-moldadas constam de vigas com seção retangular dupla protendidas com massa total de treze toneladas, formando conjuntos rotulados do tipo *Gerber*. Os vãos formados variam de 13 a 15 metros, neles, apoiam-se as lajes nervuradas também protendidas, que constituem os pisos dos apartamentos (Figura 7). As instalações elétricas e hidráulicas alojam-se aparentes na alma da viga de seção retangular dupla (Figura 8).¹⁴

É importante salientar que o sistema construtivo do conjunto da Colina é inteiramente antagônico ao que se vinha praticando na Europa, que utilizava painéis portantes de vedação. O sistema “Camus”, citado por Lelé como sendo padrão na União Soviética e no Leste Europeu, não oferecia a flexibilidade desejada para os espaços. Todas as divisões internas têm como base o módulo

¹³ Ver LATORRACA, G. João Filgueiras Lima Lelé. São Paulo: Editora Blau - Instituto Lina Bo e P. M. Bardi, 1999. p. 19

¹⁴ Ver ACRÓPOLE, R. A estrutura da Universidade de Brasília. Revista Acrópole, São Paulo, p. 13-45, janeiro 1970.

de um metro, utilizado como diretriz de projeto. Este módulo orienta a distância entre as vigotas das lajes, os painéis de fechamento das empenas e a divisão dos módulos de esquadrias – facilitando, assim, o posicionamento das divisórias.¹⁵

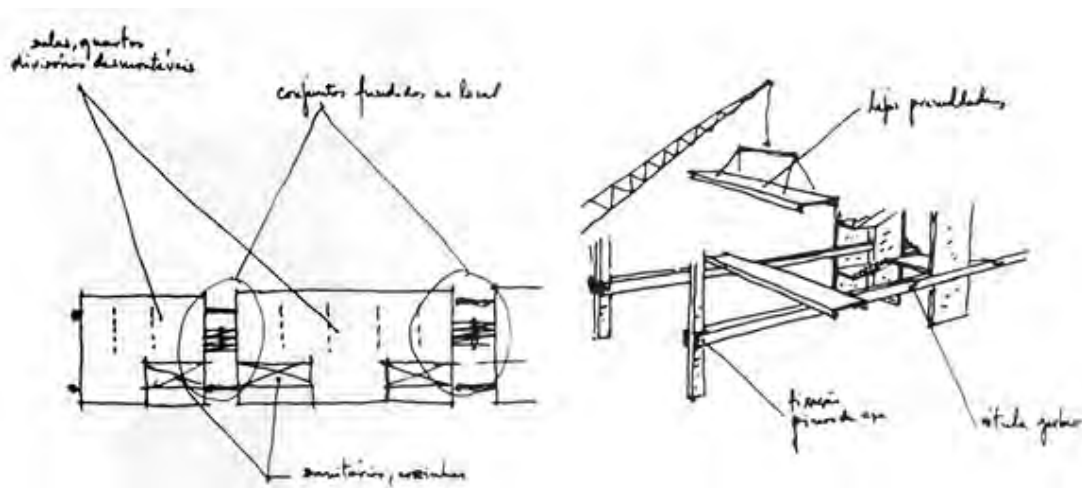


Figura 7 – Croqui ilustrativo do processo de montagem feito por Lelé Fonte: ACRÓPOLE, 1970

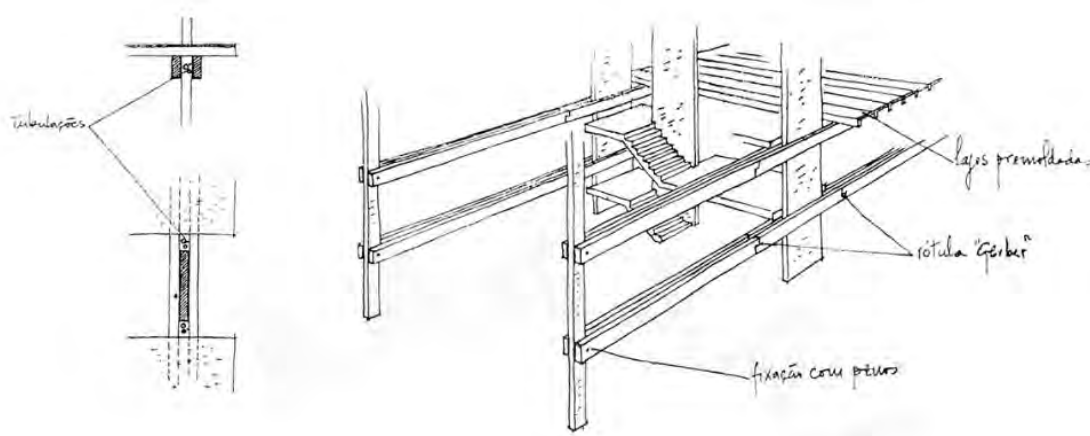


Figura 8 – Croqui ilustrativo da seção da estrutura e seus elementos estruturais feito por Lelé. Fonte: ACRÓPOLE, 1970

Uma característica do conjunto é a capacidade de replicação do sistema construtivo adotado. Apesar da variação dimensional dos edifícios. Esta lógica também foi aplicada em outras construções, como: os Galpões de Serviços

¹⁵ Ver VASCONCELLOS, J. C. D. Crusp e colina: modulação e construção em dois conjuntos residenciais pré-moldados. Seminário do.co.,o.mo_sul, Porto Alegre, Julho 2016. ISSN 978-85-61965-40-2.

Gerais e o Conjunto Arquitetônico de Serviços Gerais. É interessante frisar, que esta busca por modularidade, além de ser um instrumento que facilite a produção em série de determinados elementos construtivos, também faz parte da premissa de simplificação do processo projetual.

4. ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS

Apesar de grande parte dos elementos construtivos serem desenvolvidos em função da pré-fabricação, não se abriu mão do sistema convencional, onde as caixas de escadas foram moldadas *in loco* (Figura 9), visando a estabilidade e o contraventamento do edifício. Neste ponto da edificação, os pilares possuem uma seção de aproximadamente 0,30x2,00 metros, além disso, as esperas são compostas por uma viga em concreto protendido, com seção dupla (0,25x0,65m), com cinco metros de comprimento.



Figura 9 – Construção do Bloco A do conjunto arquitetônico da Colina. Destaque para a produção das vigas no canteiro Fonte: UnB Agência

Além das caixas de escada, os pilares – de seção 0,30x0,50m – também foram moldados no local, que junto com as vigas de espera do núcleo rígido, recebem a viga dupla longitudinal – pré-fabricada – com um peso próprio de aproximadamente 13 toneladas. O sistema estrutural se completa com as lajes nervuradas – composta por uma laje de piso de sete centímetros de espessura, associada com uma viga protendida, com aproximadamente. 0,10x0,30m de

seção. Com relação ao tipo de sistema construtivo, utilizado em cada elemento do conjunto da Colina, Pessina (1964) destaca:

(...) somente os apoios verticais – pilares e caixas de escada – espaçados aproximadamente de 15 metros, são moldados in situ. Vigas duplas longitudinais pré-fabricadas montadas sobre estes apoios, suportam as lajes nervuradas de cada andar. Os elementos de fachada – cobogós e esquadrias externas – e as paredes das instalações sanitárias e das cozinhas são pré-fabricadas em grandes painéis de concreto. As empenas laterais e as paredes divisórias entre apartamentos são formadas por blocos ocios de concreto pré-fabricado da altura de um andar. As demais divisões são em painéis de material leve. Marcos de porta e rodapés de madeira, especialmente estudados, permitem a passagem em seu interior das instalações elétricas. As instalações hidráulicas correm livremente sob as lajes de piso e, como as elétricas, independem das paredes. Ambas se ligam à rede geral do prédio por meio das vigas duplas longitudinais. A solução dada às instalações, aliada à solução estrutural, possibilita divisões variadas e torna fácil qualquer modificação face a futuras necessidades.¹⁶

As vigas longitudinais duplas foram ancoradas nos pilares e modulados junto ao núcleo de circulação vertical a cada 15 metros. Esta ancoragem foi feita por meio de um pino de aço (Figura 11). A utilização do pino, no engaste das vigas duplas dos pilares, locados nas extremidades do conjunto reforça a analogia de um sistema estrutural em madeira, seguindo uma lógica de encaixe¹⁷. Sobre a utilização dos pinos, vale ressaltar o depoimento do próprio Lelé quanto à solução:

[...] esses pinos de aço foram testados e foram feitas radiografias de cada um. Não é brincadeira. Eu perguntei ao Darcy se ele confiava na radiografia e ele me respondeu – “mas como é que a gente vai fazer, ou a gente confia ou então...” [...]¹⁸

Na Figura 10, destaca-se os elementos estruturais que compõem o sistema

¹⁶ Ver PESSINA, L. H. Aspectos gerais da pré-fabricação. Dissertação de mestrado em Arquitetura e Urbanismo. UnB. Brasília, p. 475. 1964. p.28-29

¹⁷ Ver VASCONCELLOS, J. C. D. Crusp e colina: modulação e construção em dois conjuntos residenciais pré-moldados. Seminário do.co.,o.mo_sul, Porto Alegre, Julho 2016. ISSN 978-85-61965-40-2.

¹⁸ Ver GUIMARÃES, C. et al. Arquitetura brasileira após Brasília/depoimentos. Edgar Graeff, Flávio Marinho Rêgo, Joaquim Guedes, João Filgueiras Lima. Rio de Janeiro: IAB p Instituto dos Arquitetos do Brasil, 197

dos blocos da Colina.

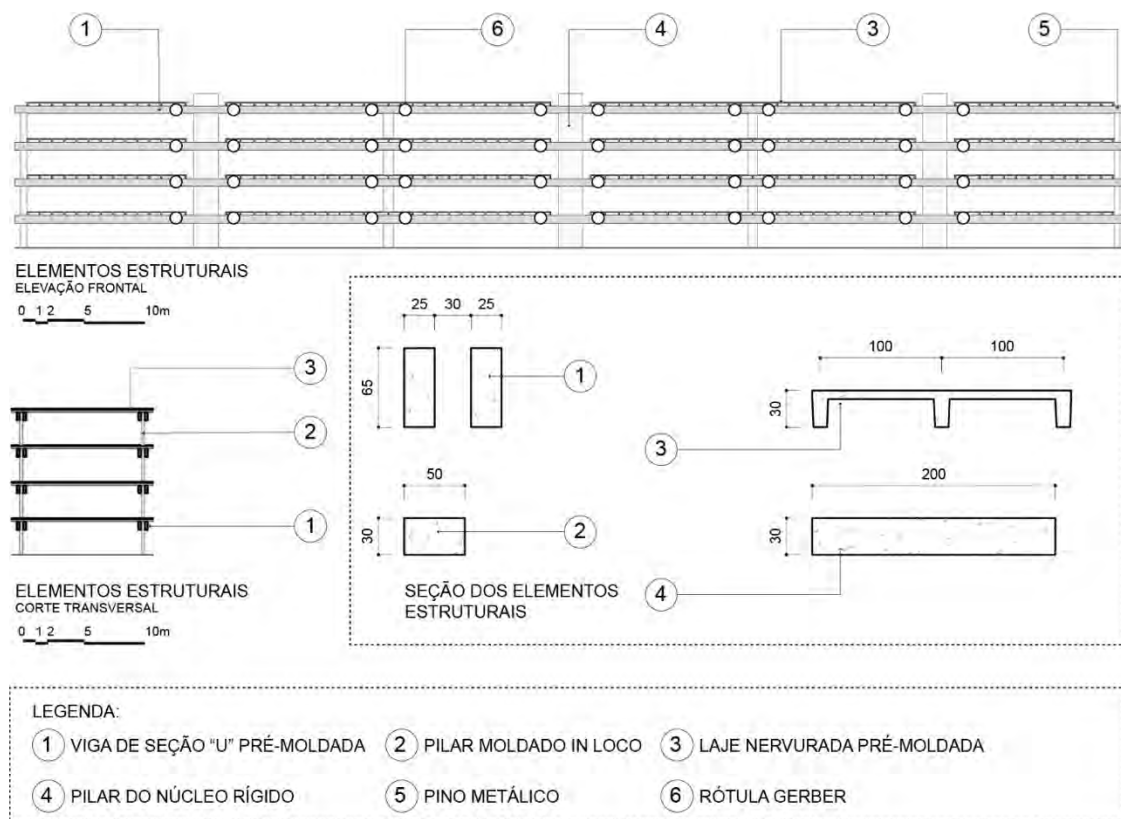


Figura 10 – Elementos estruturais e dimensões. Fonte: Desenvolvido pelo autor



Figura 11 – Pino de aço. Fonte: Acervo do autor

A solução adotada nas extremidades do conjunto implicou na necessidade de enrijecer os núcleos de circulação vertical para trazer estabilidade e contraventamento à estrutura, para evitar o efeito “baralho de cartas”, já que nas

empenas não possuem elementos estruturais.¹⁹

O material utilizado na para as fôrmas foi o *Madeirit*. Para a produção das vigas longitudinais e das lajes nervuradas de piso, ambos os elementos de concreto protendido, utilizou-se fôrmas fixas ao nível do solo. Os demais elementos, de menor porte – paredes internas, painéis de fachada, lajes planas de piso, cobogós, blocos de empena e divisórias – foram moldados sobre plataforma horizontais, executados com o *Madeirit* restante das concretagens *in situ*.²⁰

A modulação das lajes nervuradas foi importante na definição dos elementos de vedação, além de nortear a compartimentação interna. Esta razão – de metro em metro – foi utilizada em diversos conjuntos arquitetônicos daquele contexto, como os SG's (SG 1, 2, 4, 8 e 10); além de guiar a locação dos demais elementos construtivos, como painéis, esquadrias e cobogós.

As lajes e as vigas duplas foram pré-moldadas e protendidas em fábrica montada no canteiro de obras, seguindo um processo semelhante ao ciclo de pré-fabricação fechada, mas que permitia certa flexibilidade, resultando em blocos com os mesmos componentes, mas que possuem características dimensionais distintas. Com a disponibilidade do espaço, foi possível realizar a concretagem e a protensão bem próximas ao local definitivo dos elementos fabricados (Figura 12).

Com a montagem do “esqueleto”, foram inseridos os componentes de vedação, também, pré-moldados (Figura 13). Nas fachadas orientadas para leste foram locados os módulos de esquadrias; a oeste os módulos de cobogós; e, a norte e sul, foram locados os painéis cegos das empenas (Figura 14).

Dentre os elementos pré-moldados, somente nos Blocos A e D foram utilizados cerca de 144 módulos de esquadria, 144 módulos de cobogós, 640 módulos de lajes nervuradas e 96 módulos de vigas duplas protendidas, dando forma a edifícios racionais, onde a estrutura está em grande destaque e compõe grande parte da massa visual da edificação.

¹⁹ Ver VASCONCELLOS, J. C. D. Crusp e colina: modulação e construção em dois conjuntos residenciais pré-moldados. Seminário do.co.,o.mo_sul, Porto Alegre, Julho 2016. ISSN 978-85-61965-40-2.

²⁰ Ver PESSINA, L. H. Aspectos gerais da pré-fabricação. Dissertação de mestrado em Arquitetura e Urbanismo. UnB. Brasília, p. 475. 1964. p.28-29

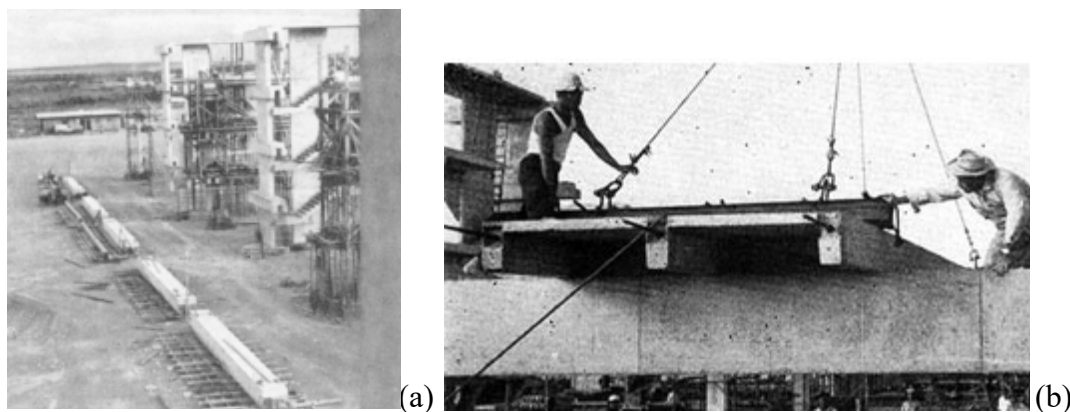


Figura 12 – Construção da Colina: (a) protensão das vigas duplas longitudinais (b) içamento das lajes nervuradas. Fonte: ACRÓPOLE, 1970



Figura 13 – Início da montagem do terceiro pavimento. Destaque para os painéis da empena, preenchem o vazio do esqueleto. Fonte: PESSINA, 1964

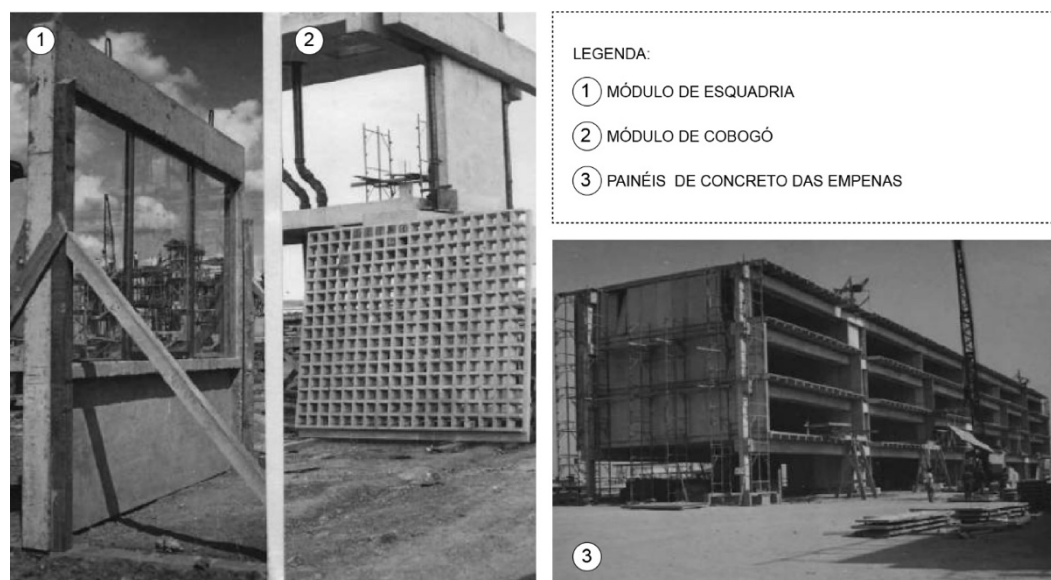


Figura 14 – Elementos de vedação Fonte: PESSINA, 1964

5. ANÁLISE ESTRUTURAL

No conjunto de uma estrutura, o equilíbrio é a propriedade que se deseja

alcançar para se vencer diferentes tipos de carga, onde o equilíbrio estático, é o tipo que interessa as edificações, devendo permanecer estável durante toda a sua vida útil. Para uma estrutura permanecer em equilíbrio, a mesma deve ter suas seções corretamente dimensionadas e seus vínculos devidamente projetados. Portanto, para se alcançar a devida propriedade, um sistema estrutural deve atender tanto sua condição externa, por meio do equilíbrio de seus vínculos, como internamente, pelo equilíbrio das forças internas dentro de suas seções.²¹

Por conseguinte, a compreensão das condições de equilíbrio é de grande valia para embasar a análise estrutural e viabilizar a leitura dos diagramas gerados pelas ferramentas computacionais, para compreender a capacidade de equilíbrio da estrutura do conjunto arquitetônico da Colina. Neste tópico, toda informação técnica levantada referente ao edifício em análise, foi lançada em programas computacionais (SAP 2000 e Ftool) para geração de diagramas que possibilitem avaliar diversos aspectos das estruturas, mas em especial, a propriedade de equilíbrio.

Vale ressaltar, que foi levado em consideração a disponibilidade de informações, pois, como supracitado nesta pesquisa, há uma grande dificuldade e carência de fontes oficiais, cálculos e detalhamentos de obras que datam dos anos iniciais da construção de Brasília e conseqüentemente nas primeiras obras da UnB. Portanto, este trabalho levantou as informações capazes de proporcionar uma análise qualitativa, dos sistemas de estruturas pré-moldados e sua relação com a arquitetura industrializada desenvolvida no começo dos anos de 1960.

Para as modelagens, foi considerado os Blocos A e D, que representam os edifícios de maior área construída e, conseqüentemente, os que possuem os maiores vãos, ou seja, as situações em que se demanda um maior desempenho por parte do sistema. As dimensões dos elementos estruturais do estudo de caso em questão, foram coletadas por meio de: levantamento dimensional *in loco* dos elementos arquitetônicos e estruturais e revisão bibliográfica realizada em pesquisas acadêmicas, livros e periódicos, especialmente a edição 369 de 1970 da Revista Acrópole.







²¹ Ver REBELLO, Y. C. P. A concepção estrutural e a arquitetura. São Paulo: Zigurate, 2000. p. 42-49

Por meio das orientações da NBR 6120/19 (ABNT, 2019), para projeto de estruturas em concreto armado, foram aplicados e gerados pelo programa SAP 2000, os seguintes dados (Tabela 2):

DADOS LANÇADOS/GERADOS NO PROGRAMA SAP 2000 v21		
CARGAS	NOMECLATURA	VALOR
Carregamento nas lajes da cobertura	LIVE - L	100 Kgf/m ²
Carregamento acidental	LIVE - L	200 Kgf/m ²
Carga permanente	DEAD - D	-
COMBINAÇÕES	NOMECLATURA	FÓRMULA
Estado Limite de Serviço	ELS	1,0D + 1,0L
Estado Limite Último	ELU	1,4D + 1,4L

Tabela 2 – Dados lançados ou gerados pelo programa SAP 2000 v21. Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na Tabela 3, foram descritos os elementos e dimensões dos componentes estruturais para o modelo estrutural (Figura 15) desenvolvido no software SAP 2000 v21. No programa, foram utilizados três elementos, sendo as barras (*frames*) – para os pilares, parafusos e vigas, além dos vínculos (*joints*) – para os vínculos dos pilares – e placas (*shells*) para as lajes, que resultou em uma modelagem composta por 2000 frames, 12 *joints* e 2600 elementos que compõem as *areas shells*. As lajes nervuradas foram separadas em dois elementos de modelagem, sendo as vigas transversais (10x30cm) e as lajes com uma espessura de 7 cm.

ELEMENTOS ESTRUTURAIS DOS BLOCOS “A” E “D” DA COLINA			
ELEMENTO	A (m)	B (m)	COR
1 – Pilar pré-moldado	0,50	0,30	
2 – Pilar moldado <i>in loco</i>	2,00	0,30	
3 – Vigas dupla longitudinal	0,65	0,25	
4 – Viga transversal	0,30	0,10	
5 – Laje	0,07	-	
6 – Parafuso (Circular)	0,07	0,07	

A: Altura das vigas e lado maior da seção dos Pilares **B:** Base das vigas e lado menor dos pilares

Tabela 3 – Dimensões da estrutura do Bloco A e D da Colina, levantadas para análise estrutural e lançadas no modelo desenvolvido no programa SAP 2000 v21. Fonte: Desenvolvido pelo autor

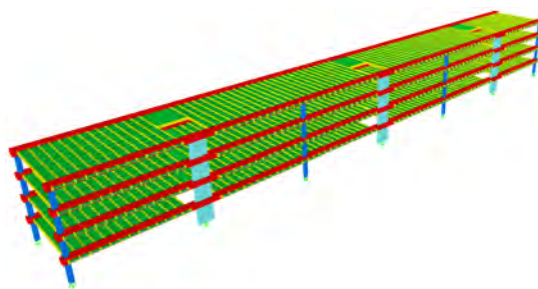


Figura 15 – Modelo estrutural do Bloco A e D da Colina. Fonte: Desenvolvido pelo autor, Programa SAP 2000

Para análise estrutural dos Blocos A e D do conjunto arquitetônico da Colina, foram verificados os diagramas de deslocamento e esforços normais, gerados, também, a partir do programa SAP 2000 v21. Neste conjunto, a pesquisa deu ênfase ao sistema de vigas duplas longitudinais, buscando avaliar o equilíbrio dos esforços de momento fletor, em razão das rótulas *gerber*, utilizando o programa Ftool como ferramenta auxiliar a análise.

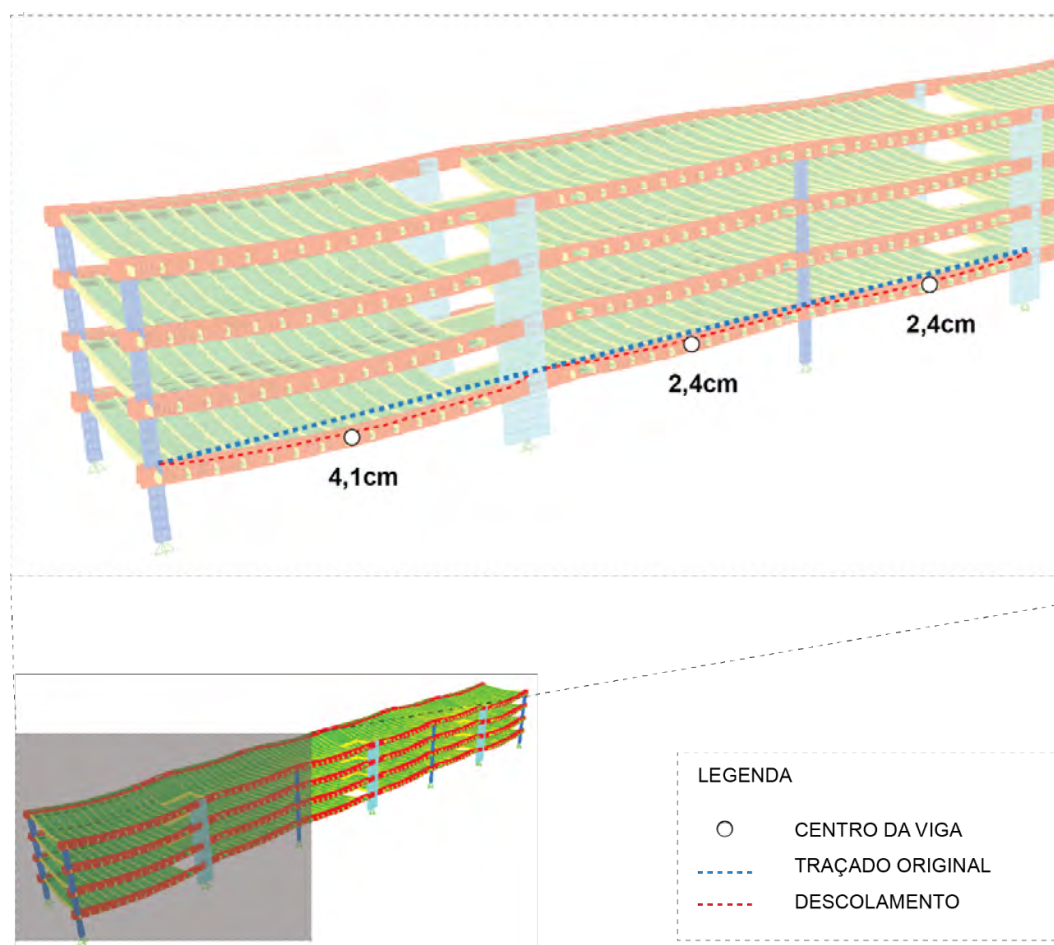


Figura 16 – Diagrama de deslocamentos da viga longitudinal. Fonte: Desenvolvido pelo autor, Programa SAP 2000

Na Figura 16, destaca-se o deslocamento (flecha imediata) na viga

longitudinal no arrojó estrutural do edifício. A situação se repete nos demais vãos. Vale ressaltar que, na análise dos deslocamentos, foi utilizado o ELS.

A edificação projetada nos anos de 1960 atente os deslocamentos admissíveis das normas vigentes (ABNT NBR 6118/2014), como exposto na Equação 1. Apesar do conjunto de vigas apresentarem vãos com as mesmas dimensões, os da extremidade representam quase o dobro do deslocamento, em comparação aos demais. Isso se dá devido ao posicionamento das rótulas, que encurta os vãos centrais em cinco metros.

$$F_{adm} \frac{L}{250} = \frac{12,5}{250} = 0,05m \text{ ou } 5cm$$

Equação 1 – Deslocamento admissível, conforme a NBR 6118/2014

A Figura 17, destaca-se as cargas nos pilares. Os núcleos rígidos (Circulação vertical), devido ao seu papel de equilibrar e proporcionar o contraventamento do sistema estrutural, são os trechos em que apresentam-se os maiores esforços internos – com carga de aproximadamente 363 tf – também estando dentro dos padrões de admissibilidade às normas atuais, onde a tensão no núcleo é de aproximadamente 6,05 Mpa.

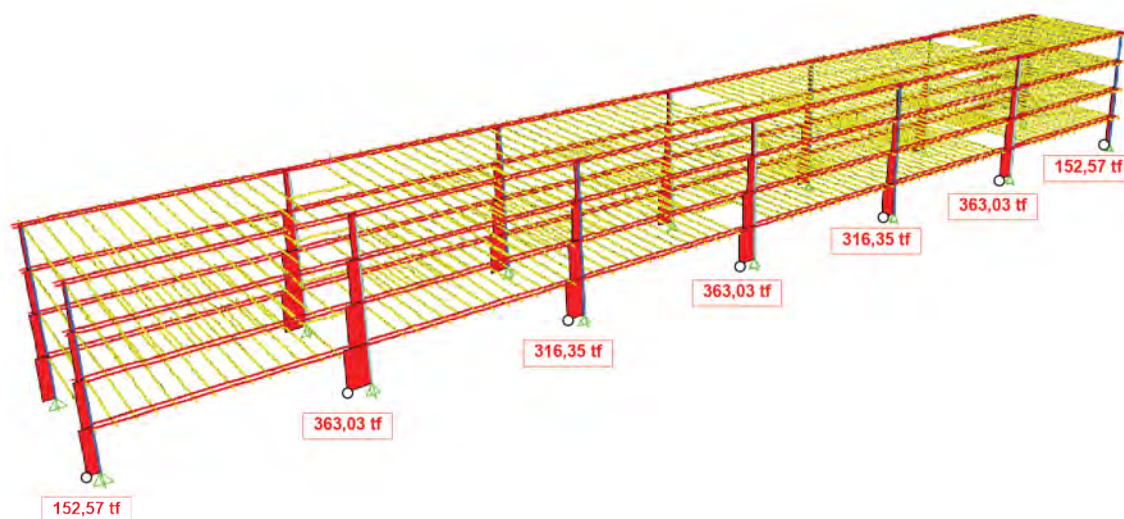


Figura 17 – Diagrama de esforços normais nos pilares do Bloco A e D. Fonte: Desenvolvido pelo autor, Programa SAP 2000

Os pilares de menor seção – especialmente os locados entre os núcleos rígidos – apresentam as maiores tensões no arrojó estrutural, sendo os da extremidade, 10,17 Mpa, e os centrais 21,09 Mpa.

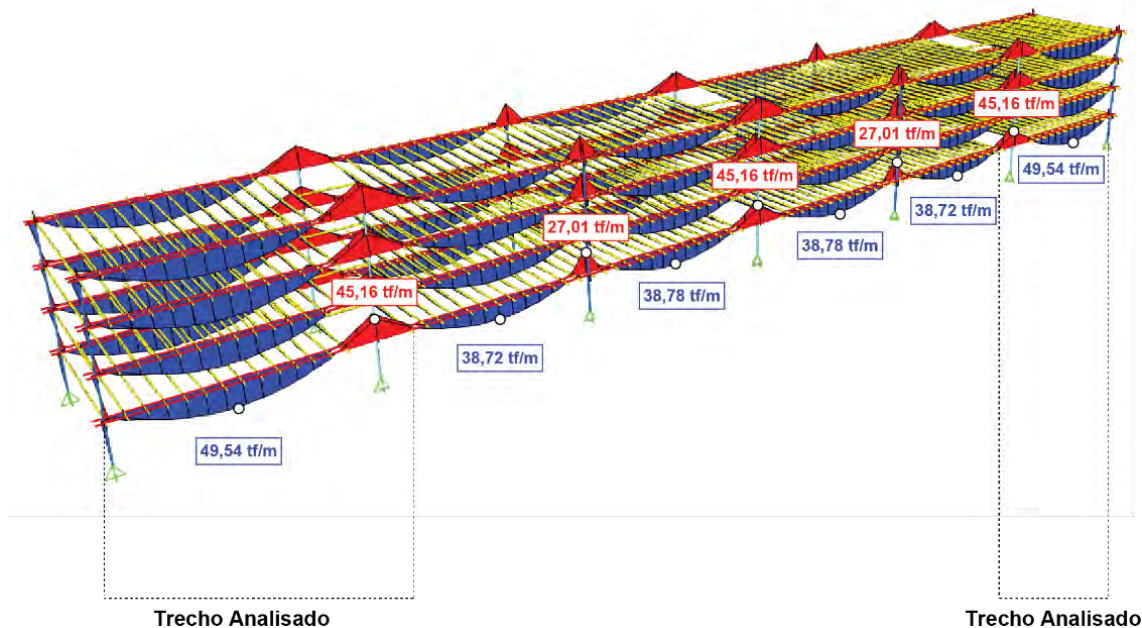


Figura 18 – Diagrama de momento fletor nas vigas longitudinais do Bloco A e D. Fonte: Desenvolvido pelo autor, Programa SAP 2000

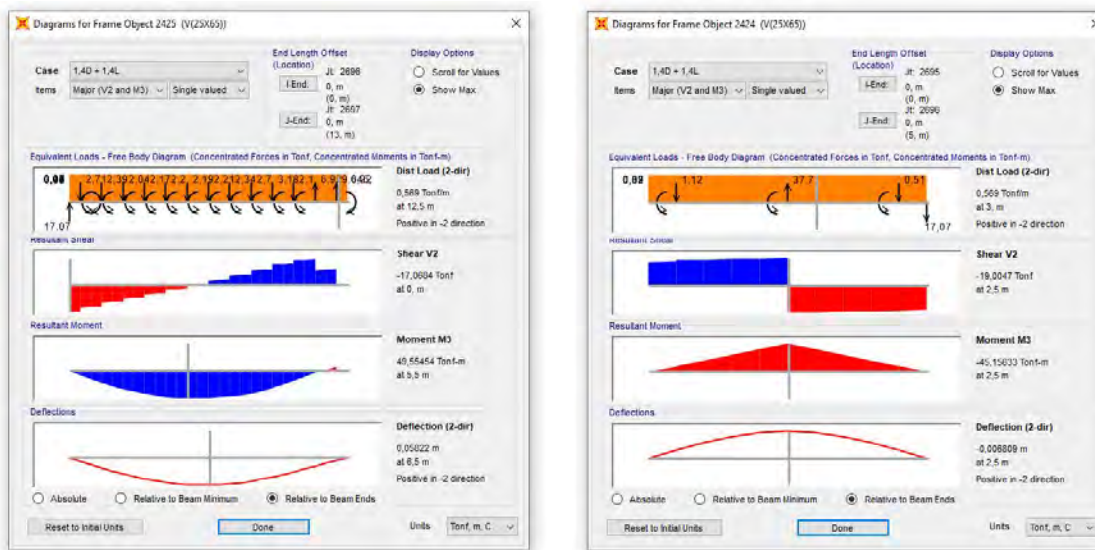


Figura 19 – Trecho de 12,5 metros e 5 metros. Diagramas gerados da viga longitudinal. Fonte: Desenvolvido pelo autor, Programa SAP 2000

No diagrama tridimensional de momentos fletores (Figura 18), os pontos críticos estão nos trechos da extremidade, com esforços positivos de 49,54 tf/m, sendo o ponto de maior deslocamento do sistema estrutural.

Nos trechos de viga dos núcleos rígidos e nos pilares de menor seção nos vãos centrais, estão localizados os esforços de momento negativos mais críticos, com valores de aproximadamente 45,16 tf/m.

Na Figura 19, estão em destaque: as reações, os gráficos de esforço

cortante, momento fletor e deslocamentos do ponto analisado. Vale ressaltar, que o devido trecho representa um vão de 15 metros, totalizando 17,5 metros com a viga de espera, onde há três tipos de vínculos, sendo: 12,5 metros da viga (pré-moldada), engastada por meio do pino de aço e a outra ponta, apoiada do dente *Gerber*, o outro vínculo, seria o ponto de apoio entre a viga de espera (com cinco metro de comprimento) e o pilar (com seção de 0,30x2,00 metros) do núcleo rígido. Na Figura 20, destaca-se a situação real dos trechos analisados, sendo possível identificar os vínculos supracitados.

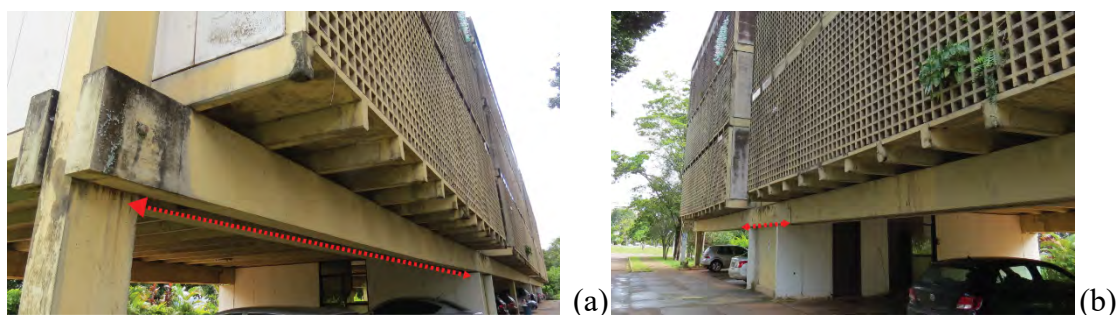


Figura 20 – Trecho de 12,5 metros (a) e 5 metros (b). Fonte: Acervo do autor

Para compreender a importância do sistema de rótulas no arrojto estrutural do conjunto arquitetônico da Colina, foi simulado, no programa Ftool os apoios e o vrgamento longitudinal, sendo os dados lançados no programa destacados na Tabela 4.

DADOS LANÇADOS NO PROGRAMA FTOOL

DADOS	VALOR
Carregamento nas lajes da cobertura	100 Kgf/m ²
Carregamento acidental	200 Kgf/m ²
Carga distribuída na cobertura	3,96 tf/m
Carga distribuída no pavimento tipo	4,56 tf/m
Resistência específica do concreto	250 Kgf/cm ³
COMBINAÇÕES	FÓRMULA
Estado Limite Último	1,4D + 1,4L

Tabela 4 – Dados lançados ou gerados pelo programa SAP 2000 v21. Fonte: Desenvolvido pelo autor

Os diagramas da Figura 21 representam o sistema estrutural sem as rótulas *Gerber*, O conjunto é composto, também, por uma estrutura isostática e biapoiada em vãos de 15 metros de comprimento. Vale ressaltar que a

modulação dos pilares e suas dimensões foram mantidas e consideradas.

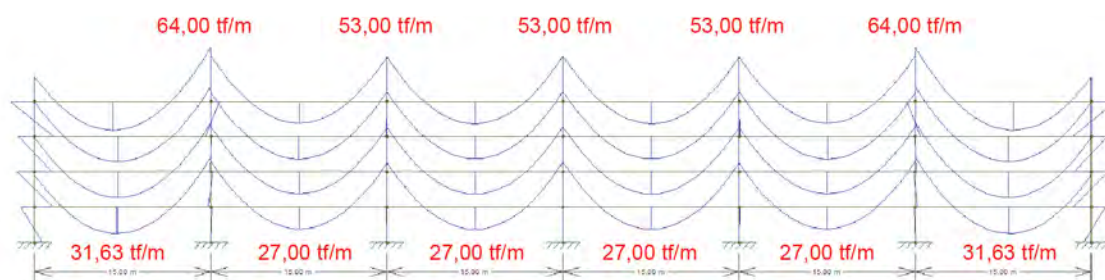


DIAGRAMA DE MOMENTO FLETOR | SEM RÓTULAS GERBER

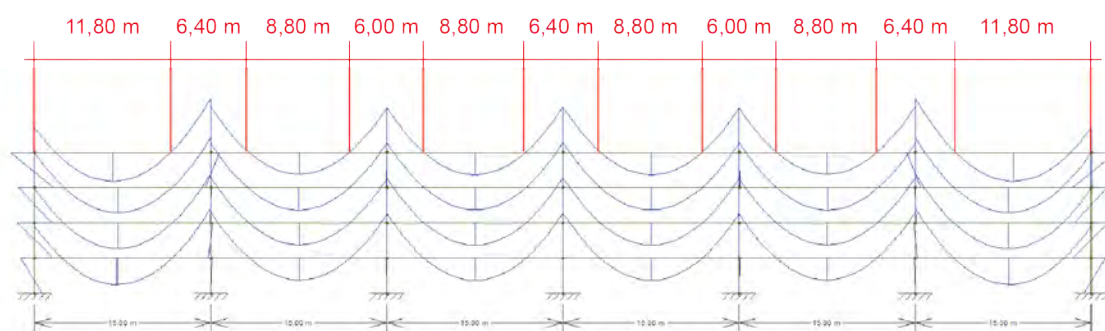


DIAGRAMA DE MOMENTO FLETOR | TRANSIÇÃO DOS MOMENTOS

Figura 21 – Diagramas de e momento fletor. Fonte: Desenvolvido pelo autor, Programa Ftool

É interessante notar que, ao dimensionar os pontos de transição dos esforços de momento fletor da Figura 21, assemelham-se ao posicionamento das rótulas na situação existente, com variações de 1,40 a 3 metros. A partir desta perspectiva, comparar o posicionamento das rótulas, possibilitou avaliar o equilíbrio estático interno do vigamento isostático longitudinal, que desempenha um papel fundamental na sustentação dos demais elementos da edificação.

Para se obter mais parâmetros, optou-se em simular no programa Ftool, quatro variações, alterando o posicionamento das rótulas (Figura 22), onde: (a) é equivalente a situação atual, (b) considera um sistema estrutural sem o sistema de rótulas, (c) varia o posicionamento das rótulas, conforme as dimensões levantadas na Figura 21 e (d) o vigamento da situação atual, mas variando a extensão das vigas locadas nos núcleos rígidos, substituindo de cinco metros para dois metros, sendo o mesmo comprimento da seção do pilar. Vale ressaltar, que a alteração das rótulas na presente análise, não alterou a forma da edificação, pois a busca pelo entendimento do equilíbrio interno, nesta situação, não condicionou em uma variação da forma arquitetônica.

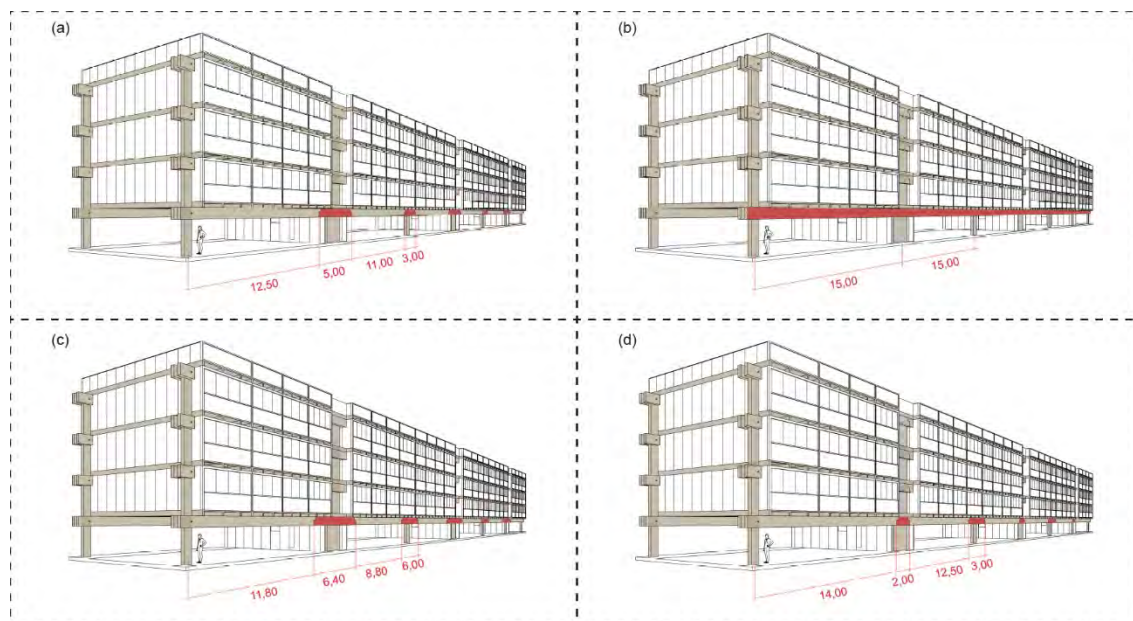


Figura 22 – Variação das rótulas. Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na comparação dos diagramas dessas quatro situações, foi observado que as rótulas possuem um papel importante no equilíbrio dos esforços internos na viga principal do archo estrutural. Vale destacar a solução em si, que permite com que a viga seja contínua, de forma isostática, fazendo com que o sistema entre em equilíbrio externo, por meio das juntas de separação, fazendo com que as vigas de estabilidade própria – as que são centralizadas com os pilares – se conectem com os trechos de viga sem estabilidade, sendo uma solução bastante comum em pontes e viadutos de grandes vãos.

Na Figura 23, destacam-se os diagramas de momento fletor, com base nas situações levantadas na Figura 22 e, percebe-se que a situação (a) – referente ao que foi executado – apresenta um melhor equilíbrio entre os esforços internos nos vãos das extremidades, com momento positivo girando entorno de 44,56 tf/m e, negativo por volta de 42,75 tf/m. Nas situações (b) e (c), os esforços internos negativos são os mais potencializados com a variação das rótulas ou com a ausência destas (situação b).

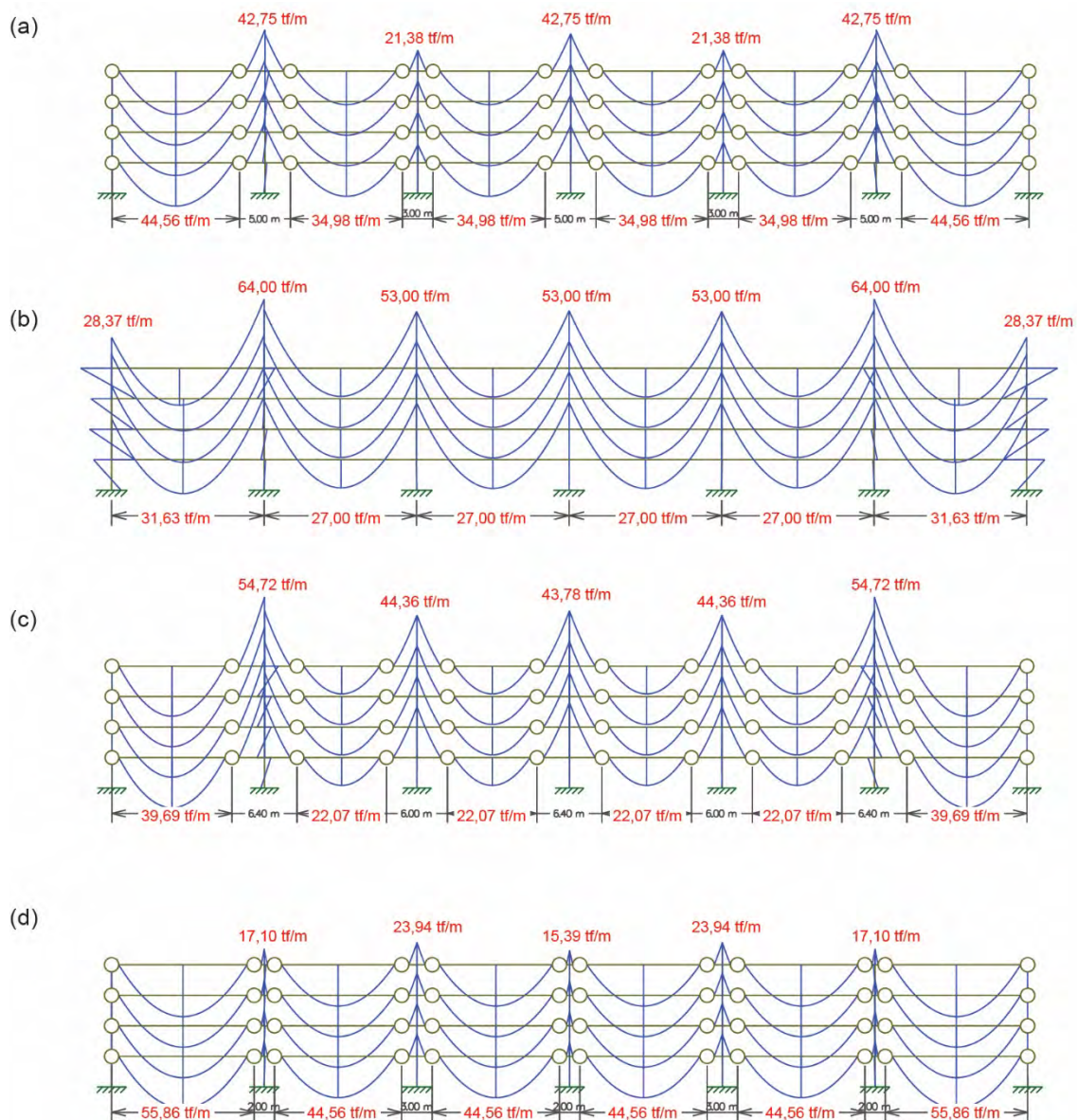


Figura 23 – Diagramas de momento fletor. Fonte: Desenvolvido pelo autor, Programa Ftool

Na situação (d) da Figura 23, vale destacar a redução nos esforços de momento fletor negativo, nos trechos em que a viga no núcleo rígido foi reduzida para dois metros de comprimento, entretanto, esta ação contribui para o aumento do vão das extremidades, acarretando em um esforço interno positivo, bastante elevado, quando comparado à situação (a).

Na Figura 24, destacam-se os diagramas de deslocamento, com base nas situações levantadas na Figura 22.

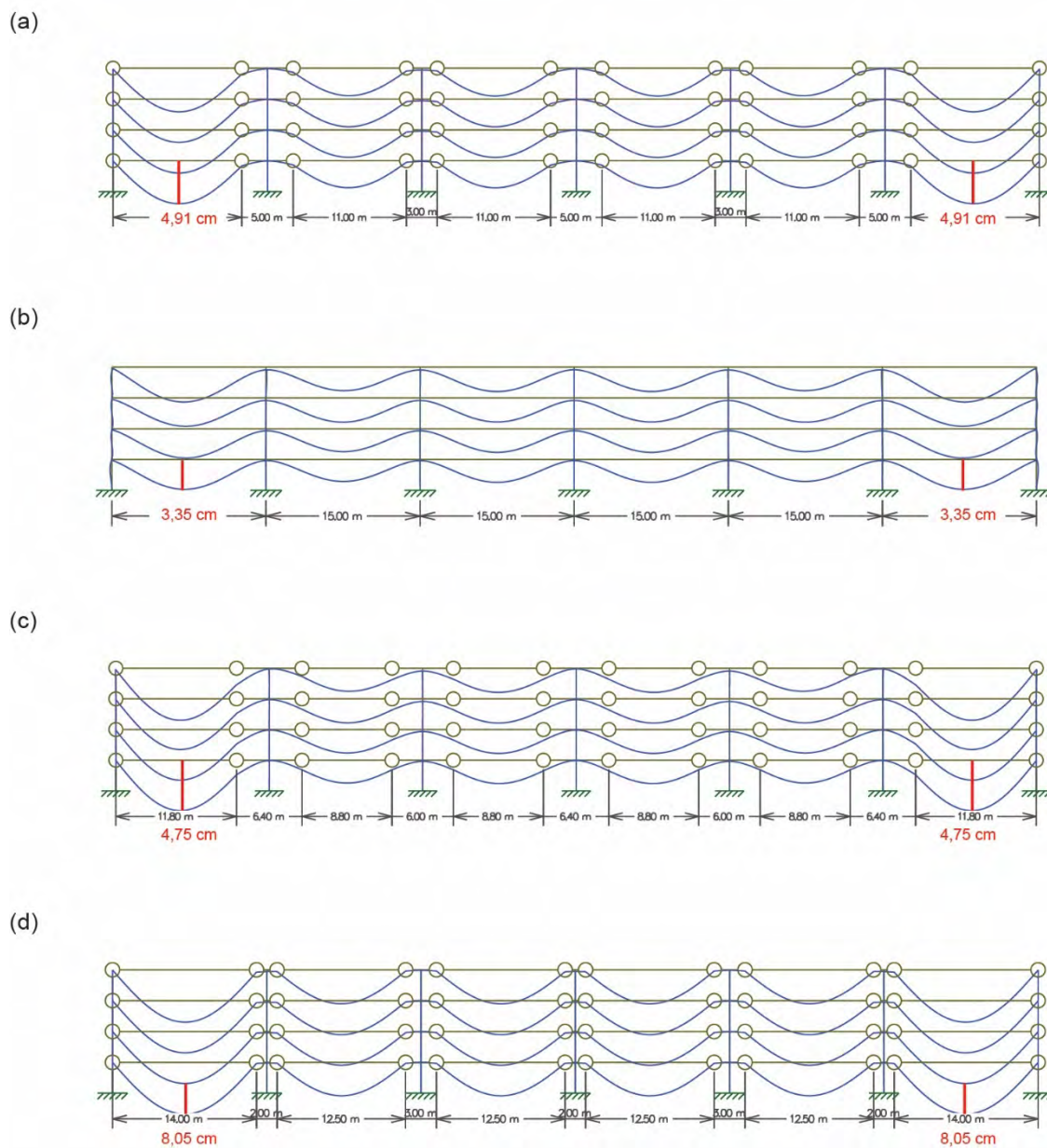


Figura 24 – Diagramas de deslocamentos. Fonte: Desenvolvido pelo autor, Programa Ftool

Na situação (c) e (d), não estão em conformidade com os valores admissíveis das normas vigentes (ABNT NBR 6118/2014). Na situação (a), (b) e (c) estão em conformidade com as normas, mas vale fazer uma ressalva quanto a situação executada, pois a flecha imediata está muito próxima da taxa admissível (conforme o valor da Equação 1), demandando o uso da protensão. Percebe-se, que o sistema de rótulas *Gerber* gera um impacto negativo nos deslocamentos, sendo perceptível, por meio de uma simples inspeção visual, como ilustrado na Figura 25.



Figura 25– Inspeção visual. Deslocamento na viga da extremidade. Fonte: Acervo do autor

As soluções estruturais adotadas nos Blocos A e D são replicadas e adaptadas para as proporções dos blocos menores (B e C). O conjunto idealizado por Lelé se destaca pelo pioneirismo da pré-fabricação em edifícios residenciais – em paralelo ao CRUSP (1962-1963) de Eduardo Kneese – e representa um certo refinamento das aplicações do pré-moldado, em comparação às experiências antecedentes ao conjunto da Colina.

A utilização das rótulas no vigamento longitudinal no arço estrutural do Bloco A e D têm impactos nos seguintes aspectos do sistema: o equilíbrio dos esforços internos e a utilização de um sistema linear de estruturas pré-moldadas, capaz de proporcionar uma estrutura flexível de vãos livres. Todavia, os deslocamentos não atendem os normativos vigentes e mesmo com o uso da protensão, a estrutura do conjunto, apresenta deformações perceptíveis a uma

inspeção visual, o que contribui para geração de manifestações patológicas.

6. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E PATRIMÔNIO

O conjunto arquitetônico da Colina foi construído a quase 60 anos, o que coloca sua estrutura de concreto armado, na fase final de sua vida útil, caso não passe por manutenções periódicas que as prolongue.

Por meio de uma inspeção visual, foi possível identificar diversas manifestações patológicas ou tipos de danos na estrutura e nos elementos de vedação da edificação, entre os problemas, destacam-se: cobrimento insuficiente, corrosão de armaduras, desagregação, eflorescências, fissuras, flechas, infiltrações e manchas. Muitos dos danos verificados são possivelmente oriundos: do tempo longo da construção, equívocos de execução – este possivelmente ocorreu devido ao alto aproveitamento das formas de Madeirit – ou deformações excessivas nas vigas, podendo ter origens diversas.



Figura 26 – Manchas | **Figura 27** – Manchas | **Figura 28** – Eflorescência. Fonte: Acervo do Autor



Figura 29 – Eflorescência | **Figura 30** – Desagregação | **Figura 31** – Fissuras. Fonte: Acervo do Autor



Figura 32 – Eflorescência | **Figura 33** – Desagregação | **Figura 34** – Corrosão. Fonte: Acervo do Autor

Nas figuras 16 a 24 ilustram-se as manifestações patológicas na envoltória

da edificação.

Dentre as manifestações patológicas nos elementos estruturais, vale ressaltar vigas do térreo, onde há uma maior diversidade de dano, como: manchas, desagregação, fissuras, flechas e eflorescências. Nas lajes a situação é mais crítica, onde a presença de várias manifestações patológicas contribui para o alto índice de deterioração, com a presença de corrosão em armaduras expostas as intempéries.

O conjunto arquitetônico da Colina, na atual condição de suas estruturas, demonstra certa preocupação, estes edifícios são bastante representativos para a história da construção civil e da própria UnB, pois foram construídos em um contexto experimental, bastante relevante da arquitetura brasileira, além de representar uma fase importante na trajetória profissional e inventiva de João Filgueiras Lima. Sobre o valor patrimonial na obra de Lelé, vale destacar Vilela (2018):

Pensar sobre a natureza colaborativa, tecnológica e industrial à obra do Lelé é um exercício que vai muito além da tentativa de reposicionar o arquiteto no quadro da nossa historiografia. Se por um lado as dificuldades enfrentadas, o papel das referências profissionais e os embates técnicos vividos pelo arquiteto ao longo de sua trajetória corroboram para desmistificar a ideia de um Lelé gênio da pré-fabricação; por outro, reforçam a noção de que o aprender fazendo, motor de sua prática, requer tempo, persistência e muita reflexão. Fruto desse processo é uma arquitetura extremamente didática, que releva o pensamento industrial de seu autor, bem como suas preocupações com os materiais, custos e impacto social. Se quisermos que essa produção perdure e chegue até as gerações futuras, é preciso voltar às origens e proteger a fábrica, não como laboratório de intervenções, mas como testemunho de um conhecimento abrangente e construído de forma gradual.²²

O valor da Colina não está na sua materialidade em si, mas o que ela representa. Este conjunto não é só um fruto de uma experiência construtiva, mas fez parte de algo maior, que foram os anos iniciais da Universidade de Brasília, que em um período de dois anos (1962-1964), contou com o trabalho de grandes mentes em seu processo de materialização, trazendo grandes expectativas,

²² Ver VILELA, A. Desafios da preservação da arquitetura racionalizada de Lelé no Brasil. Revista Thesis / n. 5 (2018) – Rio de Janeiro: Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo [ANPARQ], 2018. p. 23

quanto ao rumo da construção civil no Brasil, mas sofreu com o desmonte gerado pela Instauração do Golpe Militar. Portanto, dar os devidos cuidados a esse conjunto, é prolongar a vida de um conjunto singular, que testemunhou fatos relevantes da História da construção de Brasília.

7. CONSIDERAÇÕES

No Brasil, até meados dos anos de 1950, as experiências com pré-fabricação eram tímidas e pouco sistemáticas, mas se desenvolveram em paralelo a indústria do concreto, sendo estas anteriormente, estimuladas pelas políticas da Era Vargas e pelo governo de JK. As experiências pioneiras, se destacam pelo uso sistemático do pré-moldado e ocorrem a partir dos anos de 1960 com a construção do CRUSP (1962-1963), REAP (1962-1968) e a experiência com pré-moldados na Universidade de Brasília, tratada nesta dissertação.

A experiência da UnB ocorre a partir de uma nova fase na carreira de Oscar Niemeyer, que passa a produzir, nos anos de 1950, uma arquitetura que evidencia seus sistemas de estruturas e pela experiência na Europa – especialmente no Leste Europeu – no contexto de reconstrução das nações europeias, onde tem a oportunidade de trabalhar no projeto do Conjunto Habitacional de Hansa, na Alemanha, em 1954, sendo este, seu primeiro projeto internacional.

O sentido de urgência da construção de Brasília e o cargo de coordenador do CEPLAN estimularam Niemeyer a inserir a tecnologia da pré-fabricação na construção da UnB, onde contou com o apoio da secretaria executiva de Lelé e do corpo técnico do órgão de assessoria da Reitoria. A partir de 1962, diversos projetos foram desenvolvidos visando a aplicação do pré-moldado, que contaram com a especialização internacional de Lelé, para viabilizar tecnologicamente a grande demanda construtiva da UnB.

O conjunto arquitetônico da Colina faz parte desse contexto da experiência com pré-moldados na UnB (1962-1972), sendo uma das primeiras obras de Lelé, se destacando pelo uso sistemático do pré-moldado em uma construção de grande escala construtiva e reprodutiva, quando observado a capacidade de replicação dos edifícios em um conjunto de elementos produzidos em série, aplicados em situações distintas de dimensão, sendo os casos dos Blocos A e

D (4.204m²) e os Blocos B e C (2.700m²).

Apesar da simplificação projetual e construtiva proposta por Oscar Niemeyer, Lelé e o corpo técnico do CEPLAN nas primeiras construções, as soluções estruturais adaptadas ao pré-moldado, apresentam a complexidade e inventividade por parte de seus autores. O que chama a atenção no conjunto da Colina é a adaptação de um sistema característico de pontes e viadutos, em um edifício de uso residencial, onde o equilíbrio estático externo é alcançado, por meio de um sistema de vigas duplas, rotuladas e fixadas/engastadas em uma linha de pilares que foram moldados no local. O sistema se completa com as lajes nervuradas apoiadas no viga longitudinal, formando uma grande estrutura isostática.

Com relação ao equilíbrio das forças internas, a geometria das seções, o material e o uso da protensão, garantem uma boa relação dos esforços de momento fletor (positivo e negativo), especialmente, nas extremidades do conjunto, onde há um maior deslocamento e rotação da viga, devido a forma da estrutura e o engaste com o pino de aço. As comparações com outras situações de apoio – realizadas no programa Ftool – mostram o papel das rótulas no equilíbrio de forças da viga longitudinal do conjunto, onde a situação executada demonstra os melhores resultados.

O ponto negativo do conjunto está no deslocamento das vigas longitudinais, apesar de ser uma viga dupla, com protensão, por meio de uma inspeção visual é possível verificar a deformação da viga – como ilustrado na Figura 25 – e seus impactos nos demais elementos da construção, o que contribui para o aparecimento de patologias.

Por se tratar de um conjunto de quase 60 anos, os quatro edifícios do conjunto apresentam diversas manifestações patológicas, por meio de inspeção, é possível identificar diversos problemas, inclusive estruturais, com armações expostas e sofrendo com corrosão.

O tratamento destas patologias e a manutenção periódica do conjunto é crucial, pois esta medida não tratará, somente, estabilidade e segurança aos usuários do conjunto, mas é uma forma de valorizar e preservar as ideias que ali foram expostas. O conjunto arquitetônico da Colina não é apenas, um edifício residencial projetado com estruturas pré-moldadas, pois seus valores patrimoniais vão um pouco além de sua materialidade, a sua história, aos

agentes e o experimento são componentes relevantes e que devem ser levados em consideração, quando tratar o conjunto da Colina como patrimônio ou algo a ser preservado.

A metodologia que embasa a presente pesquisa – por meio das caracterizações de aspectos de uma determinada obra – possibilitam o desenvolvimento de futuros trabalhos, que objetivam compreender aspectos da engenharia estrutural e da construção que contribuíram para o desenvolvimento da arquitetura moderna, pois a Colina e a forma em que foi construída são de grande valia para a história da arquitetura e construção civil brasileira. Esta abordagem possibilita a geração de dados técnicos, teóricos e históricos, que podem contribuir para o ensino da arquitetura, além de valorizar o patrimônio arquitetônico brasileiro.

O presente artigo é um desdobramento da dissertação intitulada: Equilíbrio Estrutural e Industrialização da Construção: Primeira Experiência em Pré-moldado na UnB. Defendida por Marcelo Aquino C. R. da Silva, pelo Programa de Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (PPG-FAU) da Universidade de Brasília (UnB), em julho de 2020.

8. REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 6118:2014 - **Projeto de estruturas de concreto**. Válida a partir de 29/05/2014. Rio de Janeiro, 2014.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 6120:2019 – **Ações para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 2019.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 9062:2017 - **Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**. Rio de Janeiro, 2017.

ACRÓPOLE, R. **A estrutura da Universidade de Brasília**. Revista Acrópole, São Paulo, p. 13-45, janeiro 1970.

CAVALCANTE, N. **CEPLAN: 50 anos em 5 tempos**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília. Brasília, p. 512. 2015

GUIMARÃES, C. et al. **Arquitetura brasileira após Brasília/depoimentos**. Edgar Graeff, Flávio Marinho Rêgo, Joaquim Guedes, João Filgueiras Lima.

Rio de Janeiro: IAB p Instituto dos Arquitetos do Brasil, 197

ENCICLOPÉDIA Itaú Cultural de Arte e Cultura Brasileiras. São Paulo: Itaú Cultural. **Eduardo Kneese de Mello**. 2020. Disponível em: <<http://enciclopedia.itaucultural.org.br/pessoa286244/eduardo-kneese-de-mello>>. Acesso em: 01 de Ago. 2020. Verbete da Enciclopédia. ISBN: 978-85-7979-060-7

LATORRACA, G. **João Filgueiras Lima Lelé**. São Paulo: Editora Blau - Instituto Lina Bo e P. M. Bardí, 1999

PESSINA, L. H. **Aspectos gerais da pré-fabricação**. Dissertação de mestrado em Arquitetura e Urbanismo. UnB. Brasília, p. 475. 1964

REBELLO, Y. C. P. **A concepção estrutural e a arquitetura**. São Paulo: Zigurate, 2000.

SCHLEE, A. R. et al. **Registro Arquitetônico da Universidade de Brasília. Brasília**: Editora Universidade de Brasília, 2014.

UNDERWOOD, D. **Oscar Niemeyer e o Modernismo de Formas Livres no Brasil**. Cosac & Naify, São Paulo, SP, 2003

VASCONCELLOS, J. C. D. **Crusp e colina: modulação e construção em dois conjuntos residenciais pré-moldados**. Seminário do.co.,o.mo_sul, Porto Alegre, Julho 2016. ISSN 978-85-61965

VILELA, A. **Architecture without Applause The Manufactured Work of João Filgueiras Lima, Lelé**. Tese de Doutorado. ETH Zurique. Zurique, p. 323. 2019. (DISS. ETH NO. 25146).

VILELA, A. **Desafios da preservação da arquitetura racionalizada de Lelé no Brasil**. Revista Thesis / n. 5 (2018) – Rio de Janeiro: Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo [ANPARQ], 2018

