

**EQUILÍBRIO ESTRUTURAL E A INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO:**  
**PRIMEIRA EXPERIÊNCIA EM PRÉ-MOLDADO NA UnB**

**Marcelo Aquino Corte Real da Silva**

**Orientador: Márcio Augusto Roma Buzar**





Marcelo Aquino Corte Real da Silva

**EQUILÍBRIO ESTRUTURAL E A INDUSTRIALIZAÇÃO DA  
CONSTRUÇÃO:  
PRIMEIRA EXPERIÊNCIA EM PRÉ-MOLDADO NA UNB**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília para a obtenção do Grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo

Linha de Pesquisa: Estruturas e Arquitetura

Orientador: Dr. Márcio Augusto Roma Buzar

BRASÍLIA/DF: JULHO – 2020

## FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, MARCELO AQUINO CORTE REAL DA  
**Equilíbrio estrutural e a industrialização da construção: primeira experiência em pré-moldado na UnB**

Brasília, 2020.

182p. :il

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.

1. Sistema Estrutural

2. Industrialização da Construção

3. Racionalização Construtiva

4. Pré-moldado

I. FAU/UnB

II. Título

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, M. A. C. R. da (2020). Equilíbrio estrutural e a industrialização da construção: primeira experiência em pré-moldado na UnB. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 172p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Marcelo Aquino Corte Real da Silva

TÍTULO: Equilíbrio estrutural e a industrialização da construção: primeira experiência em pré-moldado na UnB

GRAU: Mestre ANO: 2020

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

Assinatura

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

**EQUILÍBRIO ESTRUTURAL E A INDUSTRIALIZAÇÃO DA  
CONSTRUÇÃO: PRIMEIRA EXPERIÊNCIA EM PRÉ-MOLDADO  
NA UnB**

MARCELO AQUINO CORTE REAL DA SILVA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO DA FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ARQUITETURA E URBANISMO.

APROVADA POR:

---

**Márcio Augusto Roma Buzar, Dr. (FAU/UnB)**

(Orientador)

---

**Yopanan Conrado Pereira Rebello, Dr. (Universidade São Judas Tadeu)**

(Examinador Externo)

---

**João da Costa Pantoja, Dr. (FAU/UnB)**

(Examinador Interno)

BRASÍLIA/DF, JULHO DE 2020

*Em tempos de obscurantismo, dedico  
este trabalho a Paulo Freire, Darcy  
Ribeiro e Anísio Teixeira*

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Marcelo Corte Real e Idilamar Aquino, pelo carinho e suporte que sempre me foi proporcionado.

À minha querida e companheira avó, Maria Helena, pelo suporte diário, por me incentivar e mostrar os caminhos e valores da educação.

Ao meu irmão, Lucas Aquino, pelo companheirismo nos momentos de dificuldade e aos demais membros de minha família.

À querida Lígia Saenger, pelo seu companheirismo e suporte durante a revisão deste trabalho.

Aos meus sócios e amigos, Bruno Campos e Fernanda Ribeiro.

Ao companheiro Leonardo Inojosa, pelo auxílio nas modelagens e aconselhamentos.

Ao meu querido orientador, amigo e conselheiro, Márcio Buzar, que me acompanha nesta jornada desde o Reabilita 7.

A todos amigos e colegas que passaram pela minha vida, ao longo desses anos.

## RESUMO

A temática desta dissertação faz uma abordagem geral do panorama da industrialização da construção no século XX, dos antecedentes oriundos da Revolução Industrial até os ciclos de pré-fabricação que transformaram os métodos construtivos que contribuíram para a recuperação das cidades europeias devastadas pela Segunda Guerra Mundial. Após atravessar um século de experimentos no hemisfério norte, a pesquisa transita pelas primeiras experiências com arquitetura industrializada no Brasil, narrando os instrumentos que viabilizaram a produção sistemática com pré-moldado, até chegar na experiência com pré-moldados na Universidade de Brasília. Por meio de pesquisas bibliográficas, levantamentos e ferramentas computacionais, a pesquisa faz uma caracterização histórica, arquitetônica e tecnológica de três estudos de caso, que se destacam pelo uso de elementos construtivos e estruturais produzidos em série, que contaram com a participação de Oscar Niemeyer, Lelé e do corpo técnico do Centro de Estudos e Planejamento Arquitetônico (CEPLAN) nos anos de 1960. Pretendeu-se com esta pesquisa, relacionar a forma das primeiras construções com seus devidos sistemas estruturais e como esta relação foi importante na definição e composição dos elementos industrializados, que identificam esta arquitetura produzida na UnB em seus anos iniciais.

## PALAVRAS CHAVES

Sistemas estruturais, Industrialização da Construção, Pré-moldado, CEPLAN, Universidade de Brasília

## **ABSTRACT**

The theme of this dissertation makes a general approach of the construction industrialization panorama in the 20th century, covering from the Industrial Revolution antecedents to the prefabrication cycles, which transformed the construction methods and contributed to the recovery of European cities devastated by the Second World War. After going through a century of experiments in the northern hemisphere, the research talks about the first experiences with industrialized architecture in Brazil, describing the instruments that made precast systematic production possible, winding up at the experience with precast concrete at University of Brasília. Through bibliographic searches, surveys and computational tools, this research makes a historical, architectural and technological description of three case studies. All of them stand out for the use of constructive and structural elements made in serial production with the participation of Oscar Niemeyer, Lelé and the Center for studies and architectural planning's (CEPLAN) technical staff in the 1960s. The purpose of this research is relate the shape of the firsts constructions with their related structural systems and how that nexus was important to define and compose the industrialized elements, which identify this architecture produced at UnB in its early years.

## **KEYWORDS**

Structural systems, Construction Industrialization, Precast, CEPLAN, University of Brasília

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Chalé Colonial Portátil: (a) perspectiva isométrica (b) modelo real ...	35
Figura 2. Ilustração do Palácio de Cristal feita pelos Irmãos Dickinson em 1851 .....	35
Figura 3. Corte transversal do Palácio de Cristal .....	36
Figura 4. Torre Eiffel.....	36
Figura 5. Cartão Postal da Galeria de Armas.....	36
Figura 6. Joseph Louis Lambot .....	38
Figura 7. Barco de argamassa armada .....	38
Figura 8. François Coignet .....	38
Figura 9. Casa da Rua 72 em Charles Michels .....	38
Figura 10. (a) Croqui do Edifício Hennebique em Paris (b) Foto do Edifício Hennebique .....	39
Figura 11. Vigas Pré-fabricadas na fábrica de Coignet para a construção do Casino Biarritz .....	40
Figura 12. Weavne's Mill em 1979 .....	41
Figura 14. Isométrica do sistema estruturas das tipologias habitacionais de Törten .....	43
Figura 13. Conjunto Habitacional de Törten.....	43
Figura 16. Exposição Die Wohnung do conjunto habitacional Weissenhof- Siedlung .....	43
Figura 15. Logo da Deutscher Werkbund Fonte: Deutscher Werkbund, s/d ....	43
Figura 17. Edifício Narkomfin, em Moscou, projeto de Moisei Ginzburg e Ignati Milinis .....	44
Figura 18. Mapa dos países que aceitaram participar do Plano Marshall .....	46
Figura 19. Processos da produção de elementos pré-fabricados na França ...	47
Figura 20. Conjunto habitacional Les Courtilières em Paris .....	48
Figura 21. Unidade de Habitação de Marselha .....	48
Figura 22. Unidade de Habitação de Berlim.....	49
Figura 23. Casa N°8: (a) bloco da casa N° 8 (b) pórtico metálico .....	50
Figura 24. Exemplos de Khrushchyovka na cidade de Vilnius na Lituânia.....	52
Figura 25. Nikita Khrushchov e Walter Ulbricht inspecionam sistemas construtivos em 1957 .....	52

Figura 26. Edifícios do tipo WBS 70 em Berlim.....	53
Figura 27. Torres pré-fabricadas em Berlin-Mitte .....	54
Figura 28. Conjunto habitacional em Berlin-Treptow.....	54
Figura 29. Paredes moldadas no sistema tilti up sendo içadas no local .....	58
Figura 30. Biblioteca de Seattle: (a) modelo real (b) isométrica do modelo estrutural .....	58
Figura 31. Museu Guggenheim Bilbao .....	59
Figura 32. Hipódromo da Gávea no Rio de Janeiro: (a) edificação construída (b) pré-moldagem das estacas e fundações.....	61
Figura 33 – (a) Vista longitudinal do galpão do Cortume Franco-Brasileiro executado pela Construtora Mauá (b) Tesouras Vierendeel em processo de pré-moldagem superposta.....	62
Figura 34 – Vista área do CRUSP em 1964.....	63
Figura 35 – Diagrama de montagem.....	64
Figura 36 – Montagem dos sistemas de estruturas do CRUSP. As vigas de seção “T” invertidas com rasgos para encaixe dos pilares.....	65
Figura 37 – (a) Montagem do sistema de circulação vertical do CRUSP (b) Encaixe nos pilares por meio do sistema macho-fêmea. ....	65
Figura 38 – Propaganda da Fichet Shawartz-Hautmont que destaca o recorde no tempo de montagem das esquadrias do CRUSP .....	66
Figura 39 – (a) Implantação do complexo industrial da REAP (b) Vista geral das oficinas e refeitório .....	67
Figura 40 – (a) Portaria (b) Refeitório (c) Oficinas.....	68
Figura 41 – Esquema de montagem das oficinas da REAP.....	69
Figura 42 – Fotos de Eduardo Kneese na década de 1960: (a) Obras na Cidade Universitária – ICC (b) Formas de Pré-Fabricação .....	70
Figura 43 – Fotos de Eduardo Kneese na década de 1960: (a) Blocos de apartamento da Colina (b) ICC – Vista Externa .....	71
Figura 44 – Sistema Engefusa .....	72
Figura 45 – Foto aérea do Conjunto Habitacional Zezinho Magalhães Prado .	73
Figura 46 – Hospital Sarah.....	74
Figura 47 – Escol transitória de Abadiânia – GO .....	74
Figura 48 – CIEP desenvolvido por Oscar Niemeyer .....	75

Figura 49 – Anísio Teixeira discursa na inauguração da UnB, em 1962, no Auditório Dois Candangos.....	77
Figura 50 – Plano Piloto da Universidade de Brasília. ....	78
Figura 51 – Membros do corpo técnico do CEPLAN. Da esquerda para a direita: Virgílio Ernesto Souza Gomes, Luiz Henrique Gomes Pessina, Lelé, Carlos Bittencourt e Oscar Borges Kneipp. Brasília, 1964. ....	79
Figura 52 - Visita do embaixador da França à Universidade de Brasília (UnB). Ao fundo aparece a fachada da OCA.....	80
Figura 53 – Foto aérea das obras do conjunto do arquitetônico da Faculdade de Educação .....	81
Figura 54 – FE 1. Faculdade de Educação .....	82
Figura 55 – Auditório Dois Candangos no FE 5 .....	82
Figura 56 – (a) Fábrica Duchen (b) Laboratório de estruturas do ITA.....	84
Figura 57 – Revista Fundamentos, ano vii, nº 39. São Paulo de 1955. ....	85
Figura 58 – (a) Croqui dos blocos para o Bairro de Hansa (b) Construção dos blocos residenciais. ....	86
Figura 59 – Visita de Niemeyer e Walter Garcia Lopes em fábrica de bicicletas em Moscou em 1954.....	86
Figura 60 – Capa da Revista Módulo, nº 9 de 1958.....	87
Figura 61 – Em solenidade na UnB Niemeyer recebe o Prêmio Lênin da Paz. Ao microfone o representante do Soviete Supremo da URSS .....	88
Figura 62 – Capa da Revista Módulo, nº 27 de 1962.....	89
Figura 63 – Habitações Pré-fabricadas para Brasília (a) Croquis de estudo (b) Maquete física. ....	90
Figura 64 – (a) e (b) Croqui de Estudo de içamento das unidades (c) Unidade construída em 1962.....	90
Figura 65 – Foto aérea do Conjunto arquitetônico dos Serviços Gerais .....	93
Figura 66 – Foto do CEPLAN em 2017 .....	93
Figura 67 – Foto de parte dos edifícios que configuram o conjunto arquitetônico de Serviços Gerais em 2017 .....	94
Figura 68 – Conjunto arquitetônico dos Serviços Gerais em 1963.....	94
Figura 69 – Foto aérea dos Galpões de Serviços Gerais.....	95
Figura 70 – SG 11 – Laboratório de Engenharia Elétrica.....	96
Figura 71 – SG 12 – Laboratório de Engenharia Elétrica.....	96

Figura 72 - Foto aérea do Conjunto arquitetônico da Colina .....	97
Figura 73 – Pilotis do Bloco A da Colina .....	98
Figura 74 - Centro Integrado de Ensino Médio (CIEM) .....	99
Figura 75 – Ambulatório 1 do HUB.....	99
Figura 76 – Planta do Instituto de Teologia desenvolvida por Niemeyer em 1962 .....	100
Figura 77 – Perspectiva do conjunto arquitetônico.....	100
Figura 78 – Sistema de Colunas-paredes pré-fabricadas .....	101
Figura 79 – Secretaria de Educação do DF em 2017 .....	101
Figura 80 – Foto aérea do ICC.....	102
Figura 81 – Croquis de Niemeyer para o ICC .....	103
Figura 82 – Corte transversal do ICC.....	103
Figura 83 – Jardins internos do ICC.....	104
Figura 84 – Pórticos na entrada do ICC Norte .....	104
Figura 85 – Desenhos de Oscar Kneipp para as Vigas-calhas .....	105
Figura 86 – (a) e (b): Içamento das vigas-calhas .....	105
Figura 87 – (a) e (b): Vigamento duplo e pilares de alma oca.....	106
Figura 88 – Vista do subsolo no ICC Sul.....	106
Figura 89 – Vista aérea do CEPLAN.....	111
Figura 90 – Implantação do CEPLAN .....	112
Figura 91 – Entrada do Instituto de Dança.....	112
Figura 92 – Fachada posterior do CEPLAN.....	112
Figura 93 – Planta baixa e planta de cobertura do CEPLAN .....	114
Figura 94 – Aspectos do interior do CEPLAN .....	115
Figura 95 – Interior do CEPLAN.....	116
Figura 96 – Croquis com peças do sistema estrutural do CEPLAN .....	117
Figura 97 – Camadas construtivas do CEPLAN.....	117
Figura 98 – Construção do CEPLAN (a) Usina de fabricação dos elementos pré-moldados (b) Locação das armações dos painéis nas fôrmas de madeira compensada.....	118
Figura 99 – Processo de cura dos painéis do CEPLAN: (a) concretagem (b) cobrimento com lona térmica para segurar o vapor (c) vapor sendo expelido (d) separação para estocagem.....	118

Figura 100 – Painéis do CEPLAN: (a) içamento dos painéis por meio de guindaste (b) painéis locados.....	119
Figura 101 – Processo de protensão das vigas: (a) fios de espera (b) estocagem das vigas.....	119
Figura 102 – Modelo estrutural do CEPLAN .....	121
Figura 103 – Diagrama de descolamentos da viga de cobertura .....	122
Figura 104 – Diagrama de momento fletor nas vigas de cobertura do CEPLAN .....	123
Figura 105 – Diagramas gerados pelo programa SAP 2000 v21 em um modelo da viga de cobertura do CEPLAN .....	124
Figura 106 – Diagramas de cargas, momento fletor e deslocamentos .....	125
Figura 107 – Variações de dimensão dos vão centrais.....	126
Figura 108 – Foto aérea do conjunto arquitetônico da Colina.....	128
Figura 109 – Implantação do conjunto arquitetônico da Colina.....	129
Figura 110 – Conjunto arquitetônico da Colina: Bloco A (esquerda), Bloco C (direita) e Bloco B (centro).....	129
Figura 111 – Foto aérea do Bloco A.....	130
Figura 112 – Layout do Bloco A com 8 dormitórios.....	131
Figura 113 – Planta baixa, planta de cobertura e modulações do Bloco A e D da Colina.....	132
Figura 114 – Camadas construtivas do Bloco A e D da Colina.....	134
Figura 115 – Detalhamento das fundações dos Blocos A e D .....	135
Figura 116 – Torres de circulação vertical, antes da montagem das vigas....	135
Figura 117 – Visita do Presidente João Goulart as obras do conjunto arquitetônico da Colina com demais autoridades.....	136
Figura 118 - Croqui ilustrativo do processo de montagem feito por Lelé .....	137
Figura 119 – Croqui ilustrativo da seção da estrutura e seus elementos estruturais feito por Lelé.....	137
Figura 120 – Pino de aço .....	138
Figura 121 – Elementos estruturais e dimensões .....	139
Figura 122 – Construção do Bloco A do conjunto arquitetônico da Colina. Destaque para a produção das vigas no canteiro .....	140
Figura 123 – Construção da Colina: (a) protensão das vigas duplas longitudinais (b) içamento das lajes nervuradas.....	140

Figura 124 – Início da montagem do terceiro pavimento.....	141
Figura 125 – Início da montagem do terceiro pavimento.....	141
Figura 126 – Elementos de vedação.....	142
Figura 127 - Visita do Presidente João Goulart as obras do conjunto arquitetônico da Colina com demais autoridades.....	142
Figura 128 – Modelo estrutural do Bloco A e D da Colina.....	144
Figura 129 – Diagrama de deslocamentos da viga longitudinal .....	145
Figura 130 – Diagrama de esforços normais nos pilares do Bloco A e D .....	146
Figura 131 – Diagrama de momento fletor nas vigas longitudinais do Bloco A e D.....	147
Figura 132 – Trecho de 12,5 metros .....	148
Figura 133 – Trecho de 12,5 metros. Diagramas gerados da viga longitudinal .....	148
Figura 134 – Trecho de 5 metros .....	149
Figura 135 – Trecho de 5 metros. Diagramas gerados da viga longitudinal ..	149
Figura 136 – Diagramas de e momento fletor .....	150
Figura 137 – Diagramas de cargas .....	151
Figura 138 – Diagramas de momento fletor .....	152
Figura 139 – Diagramas de deslocamentos.....	153
Figura 140 – Inspeção visual. Deslocamento na viga da extremidade.....	154
Figura 141 – Variação das rótulas.....	155
Figura 142 – Vista aérea do conjunto de galpões de serviços gerais .....	156
Figura 143 – Implantação dos Galpões de Serviço Gerais .....	156
Figura 144 – Laboratório de Engenharia Elétrica – SG 11 .....	157
Figura 145 – SG 12 quando funcionava como biblioteca .....	157
Figura 146 – Elevação e planta baixa do SG 12 .....	158
Figura 147 – Corte perspectivado do SG 12 .....	159
Figura 148 – Perfil com a aba inferior serrada .....	159
Figura 149 – BCE - Semana da Biblioteca - SG-12 - Foto 15 .....	160
Figura 150 – Vista aérea do conjunto de galpões de serviços gerais .....	160
Figura 151 – Camadas construtivas do SG 11 e SG 12 (sem subsolo) .....	161
Figura 152 – Montagem do esqueleto estrutural .....	162
Figura 153 – (a) Montagem das calhas (b) Vigas longitudinais das extremidades.....	162

Figura 154 – Vigamento longitudinal .....	163
Figura 155 – Vigamento metálico da cobertura e tirantes .....	163
Figura 156 – Fixação dos painéis de vedação .....	164
Figura 157 – Modelo estrutural do SG 11 .....	166
Figura 158 – Diagrama de deslocamentos do vigamento da cobertura .....	166
Figura 159 – Diagrama de esforços normais nos pilares do SG 11 .....	168
Figura 160 – Diagrama de momento fletor – vãos de 11 metros.....	169
Figura 161 – Diagrama de momento fletor – vãos de 8 metros.....	169
Figura 162 – Trecho de 8 metros. Diagramas gerados da viga longitudinal ..	170
Figura 163 – Trecho de 11 metros. Diagramas gerados da viga longitudinal	170

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Dimensões da estrutura do CEPLAN, levantadas para análise estrutural e lançadas no modelo desenvolvido no programa SAP 2000 v21 . 121

Tabela 2 – Dimensões da estrutura do Bloco A e D da Colina, levantadas para análise estrutural e lançadas no modelo desenvolvido no programa SAP 2000 v21 ..... 144

Tabela 3 – Dimensões da estrutura do SG 11, levantadas para análise estrutural e lançadas no modelo desenvolvido no programa SAP 2000 v21 . 165

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABCI – Associação Brasileira de Construção Industrializada

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CEPLAN – Centro de Planejamento Oscar Niemeyer

CIACS – Centros Integrados de Atendimento à Criança

CIEPS – Centros Integrados de Educação Pública

COMECON – Conselho para Assistência Econômica Mútua

CRUSP – Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo

DF – Distrito Federal

EA – Equipe de Arquitetos

ELS – Estado de Limite de Serviço

ELU – Estado de Limite Último

FE – Faculdade de Educação

ICC – Instituto Central de Ciências

ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica

PCB – Partido Comunista Brasileiro

PCUS – Partido Comunista da União Soviética

PGR – Procuradoria Geral da República

RDA – República Democrática Alemã

REAP – Refinaria Alberto Pasqualini

SG – Serviços Gerais

UnB – Universidade de Brasília

URSS – União das Repúblicas Socialistas Soviéticas

USP – Universidade de São Paulo

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução.....</b>	<b>20</b>
1.1 Apresentação .....	20
1.2 Justificativa.....	22
1.3 Problemática.....	26
1.3.1 Objetivo Geral .....	28
1.3.2 Objetivos Específicos.....	28
1.4 Vinculação ao Tema .....	28
1.5 Hipótese .....	29
1.6 Procedimentos Metodológicos.....	30
<b>2. Industrialização da Construção no Século XX .....</b>	<b>33</b>
2.1 Primeiras Experiências com Pré-fabricação .....	35
2.2 Experiências no Pós-Guerra.....	45
2.3 Ciclos dos Sistemas Pré-fabricados .....	56
2.4 Industrialização da Construção no Brasil do Século XX .....	61
<b>3. Primeira Experiência com Pré-moldados na UnB .....</b>	<b>77</b>
3.1 Fundação da UnB.....	77
3.2 As Primeiras Construções .....	80
3.3 Antecedentes à Experiência com Pré-moldado na UnB.....	83
3.4 As Experiências com Pré-moldado na UnB.....	89
<b>4. Estudos de Caso .....</b>	<b>108</b>
4.1 Centro de Planejamento Oscar Niemeyer (CEPLAN)   SG 10 .....	111
4.2 Blocos de Apartamentos da Colina   Bloco A e D.....	128
4.3 Laboratório de Engenharia Elétrica e Engenharia Civil   SG 11 e 12 ..	156
<b>5. Conclusão.....</b>	<b>172</b>
<b>6. Referências.....</b>	<b>175</b>

# 1. Introdução

---

## 1.1 Apresentação

Antes de discorrer sobre os aspectos do pré-moldado e conseqüentemente da industrialização da construção, que se desenvolveu ao longo do século XX, se dá como necessário o discernimento de algumas interpretações, quanto ao papel e função de uma estrutura, pois foi o principal componente a ser racionalizado ao longo da história da construção.

Quanto a definição de sistema estrutural: é um conjunto de elementos (ou sistema), que se relacionam para desempenhar uma função. É um conceito amplo e está presente em muitas áreas do conhecimento. Nas edificações, este conjunto é composto normalmente por vigas, pilares e lajes e possui algum tipo de associação para desempenhar uma determinada função (REBELLO, 2000).

A propriedade de equilíbrio é fundamental para concepção da forma estrutural e compreensão de um determinado sistema. A estrutura é a essência de sustentação de uma edificação, além de possuir um forte caráter expressivo associado à necessidade do domínio da técnica (SIEGEL, 1966).

É importante saber, também, que o sistema estrutural de uma edificação sempre será submetido a cargas atuantes, podendo estas, serem permanentes, acidentais e excepcionais. Para que se vençam tais esforços, o equilíbrio é a propriedade que se deseja alcançar, onde sua principal função é garantir o equilíbrio translacional e rotacional de um edifício sob a ação de quaisquer forças e reações aplicadas a este, inclusive, o seu próprio peso (SALVADORI, 2006).

Para compreender o funcionamento das cargas em uma estrutura, é preciso entender o conceito básico de duas palavras: direção e sentido, onde a primeira, está ligada a posição, enquanto a segunda, ao sentido. Segundo Rebello (2000), o conceito de direção exige um referencial, que caso não haja, não terá nexos.

O direcionamento das cargas em uma estrutura segue o princípio da direção e sentido, ou seja, levando as forças gravitacionais até o seu destino final. Para Rebello (2000), a transferência do conjunto de forças até o solo pode utilizar poucos ou muitos caminhos, interferindo, diretamente na sua forma conforme o seu percurso. Sendo assim, estruturas com muitos caminhos tendem a ser mais estreitas, caso contrário, o acúmulo de forças os obriga a serem mais largos.

A lógica linear do caminho de forças em estruturas, também influenciou a pré-fabricação. Segundo Giedion (1965), a engenharia estrutural tem origem, principalmente, dos novos métodos de cálculo e do desenvolvimento da produção de metais ferrosos. Para fins de cálculo, todos os componentes estruturais eram concebidos como elementos lineares – forças obrigadas a seguir e agir numa direção predeterminada – de modo que seu comportamento pudesse ser medido e calculado de antemão. Essas cargas eram conduzidas através de vigas, treliças e arcos, como através de um canal. A pré-fabricação e a padronização seguiram, naturalmente, esse procedimento linear.

A pré-fabricação de elementos estruturais em concreto teve suas primeiras experiências no século XIX, mas foi com os acontecimentos do século XX, em que esta técnica se desenvolveu e marcou o Movimento Moderno no campo da arquitetura nos anos posteriores.

No Brasil, a pré-fabricação dá seus primeiros passos nos anos de 1920, mas é na década de 1960, que as experiências sistemáticas ocorrem, especialmente, com as construções: do conjunto arquitetônico em pré-moldado da Universidade de Brasília (1962-1970), do Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo (1962-1963) e da Refinaria Alberto Pasqualini (1962-1968), no município de Canoas/RS.

As edificações que marcaram os primeiros anos da Universidade de Brasília vão se caracterizar pelo uso pioneiro e experimental da tecnologia do pré-fabricado, no caso, o pré-moldado, onde a maioria dos elementos construtivos foram produzidos em série – no canteiro de obras – eram componentes que integravam os sistemas estruturais, sendo importantes na

materialização e composição formal de grande parte da massa visual das primeiras experiências.

Vale ressaltar a distinção entre os termos, pré-moldado<sup>1</sup> e pré-fabricado<sup>2</sup> para estruturas de concreto – o que gera uma certa confusão ao revisar a bibliografia de diferentes períodos – onde, o primeiro consiste em materiais produzidos fora do local, sendo o controle menos rigoroso, já o segundo, conta com controles rigorosos de qualidade em diversas etapas da produção, além da garantia dos profissionais envolvidos no processo,

Segundo Inosoja (2019), no Movimento Moderno, o sistema estrutural foi protagonista na concepção da arquitetura, impulsionando soluções técnicas que se incorporaram ao seu repertório formal. Portanto, dentre as soluções ao longo do século XX, a construção racionalizada – por meio da utilização de elementos estruturais pré-fabricados – foi uma forte bandeira neste movimento – especialmente na temática da habitação – onde os princípios que visam a integração entre projeto arquitetônico e estrutura foram fundamentais no desenvolvimento de uma arquitetura industrializada.

## **1.2 Justificativa**

Para fins de revisão historiográfica, a Revolução Industrial proporcionou o surgimento de uma série de materiais e técnicas construtivas, responsáveis por marcar a sociedade industrial e a cidade moderna do século XX. Uma delas é a pré-fabricação de elementos em concreto que, desde sua origem, tornou-se uma referência para a arquitetura do Movimento Moderno, mesmo que o seu emprego se dê, por vezes, com ampla gama de dificuldades (ZEIN, 2010)

---

<sup>1</sup> A norma NBR 9062 - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado (ABNT,2017) define que uma estrutura pré-moldada é aquela em que os elementos estruturais são moldados previamente e fora do local de utilização definitiva.

<sup>2</sup> A norma NBR 9062 - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado (ABNT,2017) define que uma estrutura pré-fabricada como elemento pré-moldado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obra, ou em instalações permanentes de empresa destinada para este fim.

Segundo Salas (1988), tanto na América do Norte e na Europa, as experiências com a pré-fabricação são contextualizadas em três momentos, sendo:

- a) O Primeiro momento, caracterizado pelo ciclo de produção fechada, entre os anos de 1950 e 1970, com a reconstrução da Europa no Pós-Guerra e a exportação do sistema Camus de painéis pré-fabricados desenvolvidos na França e produzidos em larga escala no leste europeu;
- b) O segundo momento, entre os anos de 1970 e 1980, se caracterizam pela descrença ao pré-fabricado, devido a inflexibilidade dos sistemas de ciclo fechado e o surgimento de diversas patologias nas primeiras construções;
- c) O terceiro momento, a partir dos anos de 1980, os ciclos abertos de produção, motivada pelo surgimento de novas técnicas, materiais e normativas, que trouxeram credibilidade ao sistema de pré-fabricados.

Os tipos de ciclos de produção, no campo da pré-fabricação, são abordados com maior profundidade no capítulo seguinte, além de abordar os caminhos da construção industrializada na transição do século.

A industrialização da construção no século XX, motivada pela aplicação de elementos pré-fabricados – mais especificamente os de concreto – foi um importante fator no desenvolvimento da Arquitetura Moderna, que se apoiou na temática da habitação e serviu de catalisador para o desenvolvimento experiências de larga escala.

É importante ressaltar que essa arquitetura industrializada foi viabilizada – especialmente na Europa – com o anúncio do Plano Marshall (1947), que visava a estabilização política e econômica de países da parcela Ocidental da Europa (além da própria União Soviética, apesar de esta ter recusado o benefício). Um dos principais objetivos do plano era a expansão das relações comerciais, garantia de estabilidade econômica interna e o

desenvolvimento da cooperação econômica. O plano previa ajuda financeira com baixas taxas de juros para compra de produtos estadunidenses em troca da abertura da economia para investimento dos EUA (SIMON, 2011). Também era previsto no plano o fornecimento de maquinário, matéria-prima e especialistas em tecnologia, que somada à demanda construtiva, econômica e a carência de mão de obra qualificada, motivaram o desenvolvimento dessa arquitetura.

No Brasil, as primeiras experiências com pré-fabricação ocorrem no começo dos anos de 1920, com a construção do hipódromo da Gávea, no Rio de Janeiro e executada pela construtora dinamarquesa Christiani Nielsen SA (VASCONCELLOS, 2002). Posteriormente, a empresa foi responsável pela construção dos Blocos de Apartamento para Professores da Colina, em 1963. Com poucos exemplares construídos até os anos de 1950. A preocupação de forma sistemática passa acontecer no começo dos anos de 1960, com experiências de grande porte nos estados de São Paulo, Rio Grande do Sul e no Distrito Federal.

O uso de elementos pré-fabricados no Brasil está associado ao êxito do concreto armado e sua incorporação na Arquitetura Moderna, além disso contou com progresso da indústria química e da metalurgia nos anos de 1950, que inseriu uma série de produtos padronizados para a construção civil (BRUAND, 1981).

A partir de 1962, foi possível imaginar a construção de edificações compostas unicamente por elementos pré-fabricados, a partir das experiências na UnB e com a construção do Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo (CRUSP), tendo sua arquitetura projetada pelo arquiteto Eduardo Kneese. Portanto, o desenvolvimento industrial, que ocorreu em paralelo com a nova arquitetura foi um dos fatores que condicionaram a sua evolução transformando aos poucos o seu caráter nitidamente artesanal (BRUAND, 1981).

A produção arquitetônica baseada na industrialização de processos e feita durante a construção da Universidade de Brasília, no início dos anos de 1960, manifestou-se uma nova forma de construir, de maneira ágil e econômica, além de ser adaptada as limitações tecnológicas do país. A junção desses

fatores gerou edifícios, como: Centro de Planejamento (CEPLAN), os Galpões de Serviços Gerais (SG), Conjunto de Blocos de Apartamento para Professores da Colina, Protótipo, Instituto de Teologia e o Instituto Central de Ciências (ICC).

A construção de edifícios modulares, econômicos e de rápida execução demandou uma série de desafios aos idealizadores da UnB, mais especificamente a Oscar Niemeyer e João Filgueiras Lima (Lelé), que foram os arquitetos responsáveis, junto ao corpo técnico do CEPLAN, pela materialização das primeiras construções. A adaptação da tecnologia do pré-moldado gerou obstáculos de ordem técnica e econômica, o que ocasionou uma grande variedade de soluções estruturais, mesclando elementos de construção convencional com componentes industrializados.

A experiência com pré-moldados na construção da UnB gerou alguns impactos nas trajetórias profissionais de Niemeyer e Lelé, respectivamente, para o primeiro significou uma nova fase, que segundo Vasconcellos (2016), dá lugar a estratégias compositivas construtivamente honestas, concisas e sem “falso purismo”, mas que, por outro lado, não deixam de ser, de certo modo, experimentais e alternativas. Para o segundo, significou o início de uma trajetória que foi bastante aperfeiçoada e que segundo Vilela (2019), consiste em uma carreira moldada por um sólido conhecimento construtivo, adquirido e aperfeiçoado ao longo dos anos, cuja produção se desenvolve a partir de contribuições significativas vindas de uma ampla rede de atores decisivos em sua prática.

A importância da experiência com pré-moldados nos anos de 1960 não está restrita somente à história da arquitetura; a mesma representa um marco para a engenharia, como supracitado. Além disso, as construções do período carecem de informações oficiais, cálculos estruturais e detalhamentos. Todavia, a geração de dados e o levantamento de informações *in loco* se dão como necessárias e podem contribuir na documentação da história da engenharia estrutural destas experiências.

Portanto, a investigação histórica e a avaliação de obras exponenciais em pré-moldados (como as construídas no *campus* Darcy Ribeiro no começo

dos anos de 1960), mediante suas caracterizações 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.

### **1.3 Problemática**

A produção artística e arquitetônica na obra de Oscar Niemeyer na capital federal do Brasil, descrita e analisada por várias figuras, tanto em nível nacional quanto internacional, ainda não possui muitos estudos focados nas soluções tecnológicas adaptadas pelo arquiteto brasileiro (FONSECA, 2007). Esta afirmação também condiciona os demais profissionais que contribuíram para o vasto repertório arquitetônico que a cidade abriga, como: Lucio Costa, João Filgueiras Lima, Milton Ramos, Eduardo Neri, Nauro Esteves, Glauco Campello, entre outros.

A certa despreocupação quanto à compreensão da técnica e aspectos relacionados aos sistemas estruturais em diversas obras da Arquitetura Moderna brasileira, também, é refletida na baixa produção acadêmica (MOREIRA, 2007), diferentemente do campo de teoria e história, onde os acadêmicos vêm explorando a temática ao longo dos anos. Além disso é importante ressaltar a obra da Nova Capital (Brasília), como um grande acontecimento, que representou um marco no avanço tecnológico na concepção de estruturas (VASCONCELOS, 2002).

Nos últimos anos, alguns pesquisadores têm buscado explorar esta temática, com metodologias que são auxiliadas por ferramentas computacionais de análise estrutural, como: Fonseca (2007), que discorre sobre a Ponte Costa e Silva de autoria do arquiteto Oscar Niemeyer, Galimi (2016), com a pesquisa focada no edifício da Procuradoria Geral da República (PGR) e Inojosa (2019), que compila uma série de construções de diversas fases do Modernismo brasileiro, dando destaque para edifícios projetados por Luiz Nunes, Affonso Reidy, Oscar Niemeyer e Vilanova Artigas.

Quando se trata de obras emblemáticas oriundas da industrialização da construção, o cenário não é diferente, apesar de serem áreas de grande correlação. Mas é importante ressaltar a pesquisa desenvolvida por Fonseca

(2007), que avaliou a estrutura física de concreto do Instituto Central de Ciências (ICC), onde verificou, a influência das variações de temperatura na estrutura da cobertura da edificação, com o auxílio de ferramentas computacionais. Além disso, seu estudo abordou a construção mais icônica do conjunto arquitetônico da UnB.

A industrialização da construção ocorrida na Universidade de Brasília, exemplificada na experiência de elementos pré-moldados nos anos de 1960 tem sido tema de debate em trabalhos recentes. Alguns pesquisadores, como: Alberto (2009), Cavalcante (2015), Vasconcellos (2016), Fuentes (2017) e Vilela (2019) destacam edifícios, como: o Protótipo (1962), Edifício do CEPLAN (1962), ICC (1963) e os Blocos de apartamentos da Colina (1963), que são notáveis pelo uso pioneiro de elementos pré-fabricados, com as adaptações necessárias para a realidade brasileira. Além disso, focam no papel de Oscar Niemeyer, João Filgueiras Lima e a equipe do Centro de Planejamento (CEPLAN), no desenvolvimento dessa arquitetura baseada na racionalização de processos construtivos, mas sempre com ênfase na geração de dados teóricos e históricos.

Dentre todos os pesquisadores desta temática, vale ressaltar, o trabalho desenvolvido por Pessina (1964), que trata sobre as construções pré-fabricadas em um momento de grande desenvolvimento da tecnologia, no contexto em que mais fervilhava. Além de nortear a temática, seu trabalho fez parte da primeira turma de formandos do programa de pós-graduação que era desenvolvido no CEPLAN.

O processo de industrialização no século XX introduziu novos materiais, processos e métodos de construir, que afetaram irreversivelmente e em escala crescente a arquitetura brasileira (VASCONCELLOS, 2016). Este processo acontece de forma pioneira na construção da UnB e é de grande valia para a história da engenharia estrutural. Apesar da certa simplicidade formal das primeiras edificações, há grande complexidade e inovação construtiva, além de os sistemas de estruturas que desempenham, também, um papel protagonista.

### **1.3.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral pretendido por esta pesquisa é a caracterização da relação entre sistemas de estruturas e a forma das primeiras construções pré-moldadas da Universidade de Brasília, ocorrida nos anos de 1960, e como esta relação se torna um elemento definidor na composição dos elementos industrializados, levando em consideração aspectos históricos, sua arquitetura, os materiais adotados e a tecnologia construtiva vigente da época, pondo em evidência o protagonismo dos sistemas estruturais na concepção da arquitetura industrializada.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Para se alcançar o objeto geral desta pesquisa, são necessários os seguintes objetivos específicos:

- a) Levantamento das obras que adotaram a tecnologia do pré-moldado nos anos iniciais da Universidade de Brasília;
- b) Seleção de obras com soluções estruturais distintas, destacando o sistema de estrutura como elemento decisivo na definição da forma e que sejam fruto da produção em série no canteiro de obras;
- c) Contextualização das obras selecionadas;
- d) Análise estrutural baseada na caracterização de sua história, projeto, tecnologia construtiva e intervenções;
- e) Definição de modelos estruturais e análise, por meio de ferramenta computacional de cálculo estrutural.

## **1.4 Vinculação ao Tema**

Esta pesquisa faz uma leitura de obras exponenciais oriundas das primeiras experiências com pré-moldados entre os anos de 1962 e 1970, com ênfase nos aspectos técnicos e tecnológicos de seus projetos e sistemas de estruturas, definidores deste estilo industrializado das primeiras construções do período. A abordagem do trabalho concentra os seus esforços na caracterização de três estudos de caso, nos quais fazem parte do período de experimentação e

que possuam sistemas estruturais delimitadores de suas formas arquitetônicas. Portanto, a temática está diretamente conectada; com a linha de estruturas e arquitetura; com a área de concentração em tecnologia, ambiente construído e sustentabilidade.

## **1.5 Hipótese**

A utilização do concreto armado em obras expoentes para Arquitetura Moderna mostra como um material assume a matriz construtiva e o protagonismo na materialização de grandes edificações. A tecnologia do concreto armado, associado ao sistema de armaduras ativas, como a protensão, foram de grande importância para a viabilização da construção industrializada. As experiências ocorridas nos anos iniciais da UnB são evidências de como esta tecnologia se viabilizou, sob obstáculos de ordem econômica e temporal, em pleno Planalto Central dos anos de 1960.

Vale ressaltar que a experiência com pré-moldados na Universidade de Brasília, trouxe um repertório tecnológico antagônico ao que era produzindo na Europa no período do Pós-guerra, com a simplificação do processo de projeto e com a concepção de edifícios flexíveis, modulares e que privilegiavam o sistema linear de estruturas (vigas e pilares).

A caracterização da relação entre estrutura e arquitetura de obras relevantes na produção modernista brasileira possibilita identificar o protagonismo do sistema de estruturas no processo de concepção e de inovação tecnológica (INOJOSA, 2019). No caso das primeiras construções com pré-moldados, pode-se ir além, e relacioná-las como estas experiências contribuíram para o desenvolvimento de uma arquitetura racionalizada, focada na economia, na redução de tempo e com sistemas estruturais produzidos em série.

Sendo assim, a análise adequada dos sistemas de estruturas em obras de grande relevância para a história da Arquitetura Moderna brasileira, pode contribuir de forma significativa para o campo teórico das técnicas construtivas e de concepção estrutural.

## 1.6 Procedimentos Metodológicos

Devido aos fins exploratórios e descritivos desta pesquisa, a revisão bibliográfica realizada (por meio impresso ou digital) buscou levantar aspectos históricos da produção arquitetônica industrializada desenvolvida nas primeiras construções da UnB. A revisão, portanto, não só constrói o panorama específico desta pesquisa – a primeira experiência com pré-moldados na UnB – mas evidencia o acontecimento como um fato marcante para história da construção e protagoniza os agentes que colaboraram de forma significativa para o desenvolvimento da tecnologia da pré-moldagem.

Com base na revisão bibliográfica, identificou-se três tipologias de construções que tinham alguns elementos em comum, ou seja, são construções replicadas, que tiveram seus elementos estruturais produzidos em série e que estavam sob a secretaria executiva do arquiteto Lelé – enquanto trabalhava no CEPLAN – no desenvolvimento da pré-fabricação. Os aspectos que aproximam essas edificações contribuem para o desenvolvimento de suas caracterizações e definem as configurações dos estudos de caso.

Para os estudos de caso foram selecionados os seguintes edifícios:

- a) Centro de Planejamento Oscar Niemeyer – SG10. Projeto de Oscar Niemeyer com a pré-fabricação desenvolvida por Lelé. Projeto: 1962. Construção: 1963.
- b) Blocos de Apartamentos da Colina – Bloco A e D. Projeto e pré-fabricação desenvolvida por Lelé. Projeto: 1962. Construção: 1963.
- c) Laboratório de Engenharia Civil e Engenharia Elétrica – SG11 e SG12. Projeto e pré-fabricação desenvolvida por Lelé. Projeto: 1962. Construção: 1969.

Apesar do ICC ser a construção mais emblemática no contexto da construção da UnB, a proposta de produção em massa e de replicação se difere da pretendida nos estudos de caso desta pesquisa.

Os estudos de caso serão analisados com uma abordagem focada nas características das estruturas pré-moldadas e na capacidade de produção em série, que no contexto em que estavam inseridas, representaram uma fase importante de experimentação das possibilidades construtivas, gerando grandes expectativas quanto ao futuro da construção no Brasil.

A análise do sistema de estruturas busca evidenciar todos os aspectos pertinentes das edificações em análise, com uma abordagem interdisciplinar, seguindo as seguintes etapas:

- a) Contextualização;
- b) Descrição das características da arquitetura;
- c) Descrição dos elementos estruturais e pré-moldados;
- d) Identificação dos parâmetros estruturais e seus impactos na arquitetura e no processo construtivo;
- e) Análise do modelo estrutural em ferramenta computacional de cálculo estrutural;

Visando o cumprimento dos objetivos supracitados, a pesquisa se desenvolve em três momentos:

1. Com esta abordagem, o primeiro momento da pesquisa discorre sobre os conceitos relacionados à industrialização das construções, abordando as primeiras experiências com construção racionalizada dos séculos XIX e XX com a maturidade e a incorporação do concreto armado pelo Movimento Moderno, destacando as experiências no Pós-Guerra, o desenvolvimento do concreto pré-fabricado, além dos seus ciclos e experiências pioneiras no Brasil.
2. O segundo momento da pesquisa apresenta o contexto histórico das primeiras experiências com pré-moldado na Universidade de Brasília, abordando aspectos históricos

relacionados à sua fundação, os agentes envolvidos e à trajetória de Oscar Niemeyer nas décadas que antecedem os primeiros experimentos e como o sistema de estrutura ganha evidência em sua obra e contribui para a materialização das primeiras obras pré-fabricas.

3. Já no terceiro momento são apresentados os estudos de caso, onde se caracterizou os seus aspectos arquitetônicos, estruturais e métodos construtivos, além de destacar o seu papel dentro da Universidade de Brasília, por meio da revisão bibliográfica e levantamento de informações. Esta etapa é concluída com uma análise estrutural realizada por meio dos programas SAP 2000 v21 e Ftool – ambas difundidas no meio acadêmico e utilizadas por pesquisadores, como: Fonseca (2007), Inosoja (2010) e Galimi (2016) – além de terem sido importantes na problematização e análise qualitativa dos recortes de cada situação.

Em síntese, o primeiro e o segundo momento desta pesquisa, buscam passar um panorama geral da construção racionalizada e como estes momentos se relacionam com a experiência da UnB, até se estreitar na escala do edifício. O terceiro momento, por sua vez, destaca todas as características das edificações em estudo, estreitando-se à análise dos componentes estruturais, por meio de ferramentas computacionais.

## **2. Industrialização da Construção no Século XX**

---

Durante os primeiros anos do século XX, o Movimento Moderno buscou uma formulação estética da nova sociedade industrial, que fosse capaz de atender às necessidades espaciais e territoriais, sendo marcada pela vida urbana e industrial (CURTIS, 2008). Com o advento da Revolução Industrial em países da Europa e nos Estados Unidos, houve o surgimento de novas máquinas e tecnologias, que conseqüentemente tiveram efeitos no desenvolvimento da construção e nas organizações laborais.

Para alcançar a estética do “homem moderno”, a aposta dos principais teóricos da Arquitetura moderna – dos mestres da Bauhaus a Le Corbusier – foi que a força dessa arquitetura adviria de uma Arquitetura Internacional com projetos que atendessem as restrições de uma produção fabril, marcada pelo paradigma industrial vigente. Nesse contexto, a industrialização das construções pode ser considerada um dos pressupostos da Arquitetura Moderna e, em nome dessa industrialização da produção do edifício, se justificaram diferentes opções estéticas e construtivas (FABRICIO, 2013). O desenvolvimento de novas tecnologias construtivas no século XX, como a do concreto armado e posteriormente a do pré-moldado foram condicionantes que estimularam o desenvolvimento da arquitetura que marcou o Movimento Moderno.

A industrialização da construção está essencialmente associada aos conceitos de organização e de produção em série, devendo ser entendidos analisando de forma mais ampla às relações de produção envolvidas e a mecanização dos meios de produção (BRUNA, 1976). Dentre os conceitos organizacionais que abrangem o processo de industrialização no século XX, é importante ressaltar:

- a) A divisão social do trabalho;
- b) A especialização do trabalho operário;
- c) A racionalização de métodos de trabalho;

- d) O emprego de máquinas e equipamentos especializados;
- e) O controle de ritmo de produção;
- f) A pré-fabricação de componentes;
- g) O projeto dos edifícios a partir de sistemas pré-estabelecidos;
- h) A padronização dos componentes;
- i) A coordenação modular entre os componentes (importante na industrialização de ciclo aberto);

Os conceitos organizacionais relacionam a racionalização do trabalho e aplicação da produção com aplicação dos ideários tayloristas de racionalização e pelo emprego de máquinas e da linha de produção fordista (FABRÍCIO, 2013). A divisão laboral defendida por Taylor consiste na eliminação de movimentos inúteis em determinada etapa do processo de produção, por meio da análise dos movimentos fundamentais para intensificação do ritmo de trabalho, enquanto a linhagem de produção em série fordista reúne as ideias de sincronia de trabalho, parcelamento e simultaneidade.

A inspiração taylorista-fordista, propunha o aumento do domínio do capital sobre o processo de construção, e o deslocamento de parte do trabalho do canteiro para os galpões industriais, onde se poderiam empregar máquinas e métodos de organização e parcelamento do trabalho, de forma a permitir a produção em massa de edifícios (FABRÍCIO, 1996). Sendo assim, a industrialização da construção no século XX buscou inserir a lógica de produção em série da indústria de massa, para a construção de edificações com a ampliação da produtividade e redução de desperdícios, onde a tecnologia do pré-moldado foi protagonista na inserção dessa lógica.

## 2.1 Primeiras Experiências com Pré-fabricação

As primeiras experiências com elementos produzidos em série começam a surgir já no século XIX, como o chalé portátil ilustrado na Figura 1, projetado pelo arquiteto H. John Manning em 1833.

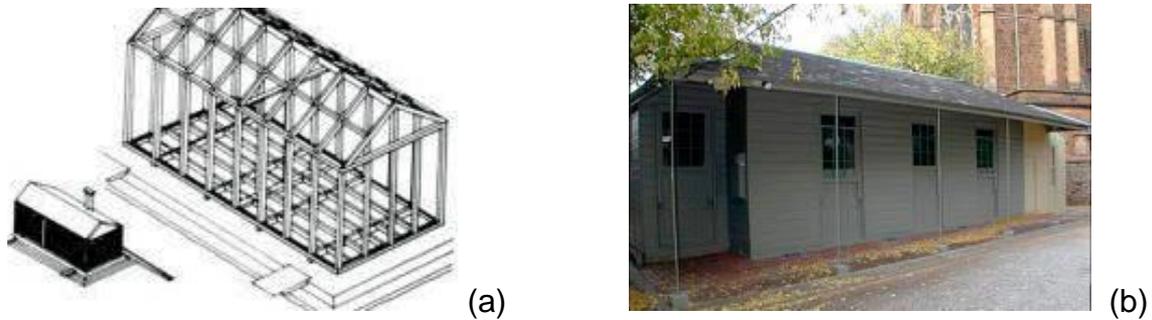


Figura 1. Chalé Colonial Portátil: (a) perspectiva isométrica (b) modelo real  
Fonte: ALMEIDA, 2015

A demanda do Chalé foi uma encomenda para o filho do próprio arquiteto, John Manning, que estava se mudando de Londres para a Austrália. O sucesso da invenção levou ao desenvolvimento de uma linha comercial, onde a principal característica era a capacidade de desmonte da edificação.

Na Inglaterra, em 1851, ocorreu a Grande Exposição Universal, genericamente conhecida como a Primeira Feira Mundial. Para este evento, foi construído o Palácio de Cristal (Figura 2) assinado pelo arquiteto autodidata Joseph Paxton. O edifício foi a sede do evento e representou um marco para arquitetura e engenharia por aplicar materiais de uma forma nunca vista antes, como as grandes superfícies em vidro.



Figura 2. Ilustração do Palácio de Cristal feita pelos Irmãos Dickinson em 1851  
Fonte: DICKINSON, 1851

A Grande Exposição Universal durou cerca de três anos, a sede foi desmontada e relocada nas proximidades de Londres, mas foi destruída por um incêndio em 1936. Apesar de seu grande comprimento, o Palácio de Cristal foi construído rapidamente, com o auxílio de elementos pré-fabricados em ferro, como pilares e treliças (Figura 3).



Figura 3. Corte transversal do Palácio de Cristal  
Fonte: BERLYN, 1851

A Exposição Universal de Paris de 1889, cem anos após a revolução francesa, veio para celebrar as realizações internacionais no campo das artes, arquitetura e tecnologia. Este evento conta com duas grandes experiências com aplicação de elementos pré-fabricados, marcando o final do século XIX. São os casos da Torre Eiffel (Figura 4), assinada por Gustave Eiffel e a Galeria das Máquinas (Figura 5), assinada por Ferdinand Dutert e Victor Contamin. Dentre as experiências, a Torre foi a de mais destaque, pois estava servindo de arco de entrada da exposição e, no contexto em que se encontrava chegou a ser a estrutura mais alta do mundo, com seus 324 metros de altura.



Figura 4. Torre Eiffel  
Fonte: Acervo do autor

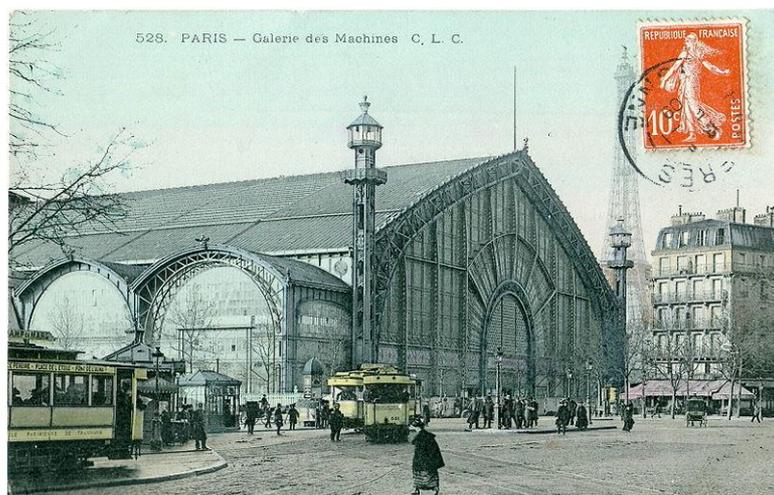


Figura 5. Cartão Postal da Galeria de Armas  
Fonte: (SHOSHANY, 1909)

O século XIX ficou marcado pela expansão das cidades e a necessidade de conexões entre elas, o que levou a se construir pontes e canais que viabilizassem as atividades econômicas. A demanda construtiva trouxe a necessidade de evolução, onde o ferro e o aço passaram a substituir a pedra e a madeira (BENEVOLO, 2001). No ano de 1965, o teórico Sigfried Giedion publicou a primeira edição do livro: *Espaço, Tempo e Arquitetura: O Desenvolvimento de uma Tradição*, onde faz um panorama de cinco séculos da arquitetura em uma perspectiva que institucionaliza o Movimento Moderno e, pela passagem nos séculos XVIII e XIX, destaca o desenvolvimento da engenharia estrutural e seu avanço na produção siderúrgica, além do caminho tomado pela pré-fabricação, a partir do ponto de vista linear e de caminho de forças nas estruturas.

Ao longo do século XIX, o desenvolvimento da tecnologia do ferro fundido e do ferro forjado deixaram de ser exclusividade dos sistemas de transporte ferroviário e passaram, também, a ser um material bastante utilizado em grandes estruturas arquitetônicas. A exploração desses materiais viabilizou parcialmente a industrialização da construção, com a pré-fabricação de elementos construtivos sendo explorada nas arquiteturas das feiras mundiais deste século.

No final do século XIX, deu-se início ao desenvolvimento de uma nova tecnologia que, anos depois, passou a incorporar ao processo de industrialização em larga escala, sendo o caso do concreto. A aplicação do material em sistemas de estruturas ocorreu com a industrialização do cimento Portland, patenteado por John Aspdin no início do século em 1824 (HELENE, 2006).

Outro fator que estimulou o desenvolvimento do material foi a série de pesquisas e descobertas entorno de sua aplicação. Dentre essas descobertas, vale ressaltar os trabalhos de Louis Vicat, em 1817, com a descoberta do cimento artificial e os de René Ferét, em 1896, com o pioneirismo no estudo das dosagens dos materiais que compõem o concreto (SIQUEIRA, 2008. TUTIKIAM e HELENE, 2011). Os estudos ao longo desse século e suas variadas aplicações geraram uma série de patentes e descobertas, como:

- Joseph Louis Lambot (Figura 6) entre os anos de 1855 e 1877 com a aplicação da argamassa armada na construção de vasos e barcos (Figura 7);



Figura 6. Joseph Louis Lambot  
Fonte: STRUCTURAE, s/d



Figura 7. Barco de argamassa armada  
Fonte: MARITIMES, s/d

- François Coignet (Figura 8) em 1861, com aplicação do cimento armado na construção de edifícios em 1855, mais especificamente o da Rua 72 em Charles Michels em Saint Denis (Figura 9);



Figura 8. François Coignet  
Fonte: TRAVAUX, 1955



Figura 9. Casa da Rua 72 em Charles Michels  
Fonte: MOSSOT, 2009

- François Hennebique, em 1862, com aplicação do concreto armado em um edifício de sete pavimentos em Paris (Figura 10);

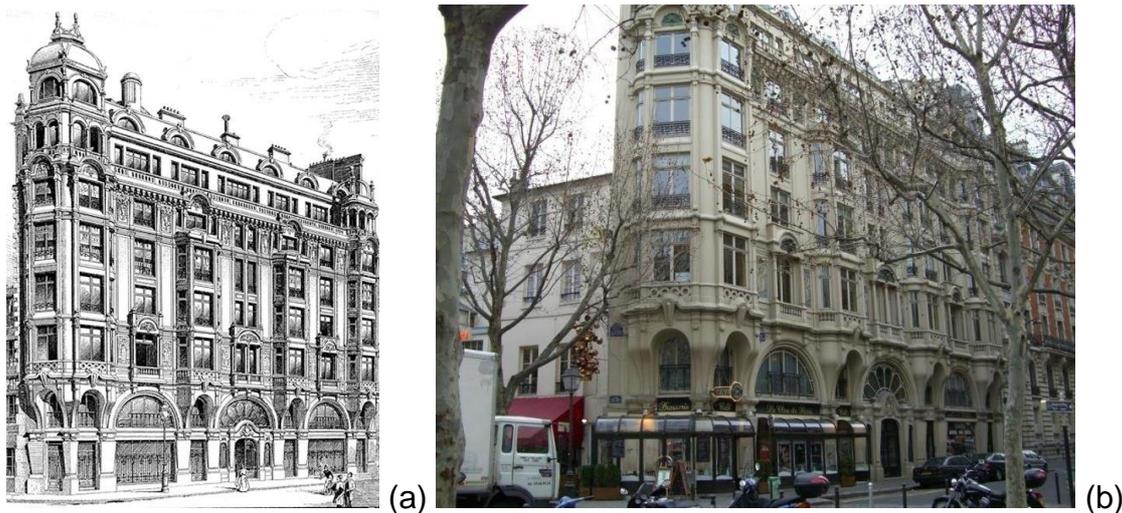


Figura 10. (a) Croqui do Edifício Hennebique em Paris (b) Foto do Edifício Hennebique  
Fonte: (a) PLANT, 1887 (b) HELENE, 2019

- Thaddeus Hyatt, em 1877, com ensaios iniciados em 1850 para a construção de vigas de concreto e aço;
- François Hennebique, em 1880, desenvolve a primeira laje armada com barras de aço de seção circular;
- Wayss e Freytag, empresa alemã que, em 1884 adquire as patentes de Monier para uso em construções na Alemanha e Áustria;
- Döhrring, em 1888, registra a primeira patente sobre aplicação da protensão em placas e vigas de pequeno porte;
- François Hennebique, em 1892, registra a patente para a primeira viga com armações semelhantes as utilizadas pelo sistema convencional, com barras longitudinais para absorver os esforços de tração;
- Rabut, em 1897, desenvolve o primeiro curso sobre estruturas de concreto armado na École des Ponts et Chaussées, mesmo local em René Ferét desenvolve o primeiro estudo sobre dosagem na França.

As últimas décadas do século XIX são marcadas pelo grande avanço das tecnologias que envolvem a produção e aplicação do concreto. Os anos iniciais do século XX seguem a mesma linha, com inovações no campo da construção que chegam às primeiras experiências com elementos construtivos em pré-moldados de concreto.

A origem do pré-moldado de elementos em concreto não possui uma data precisa. O próprio nascimento do concreto armado ocorreu com a pré-moldagem de elementos, fora de seu local de uso. Sendo assim, pode-se afirmar que o pré-moldado começou com a invenção do concreto armado. Acredita-se que a primeira aplicação de elementos pré-moldados em estruturas de edificações foi realizada na França, em 1891, utilizando-se vigas pré-moldadas na construção do Cassino de Biarritz (VASCONCELOS, 2002).

Vale ressaltar que esta obra foi desenvolvida pela firma do engenheiro francês Edmond Coignet, filho de François Coignet detentor da patente quanto ao uso de cimento armado, em 1861. As vigas que foram utilizadas no casino foram desenvolvidas em fábrica na cidade de Paris (Figura 11) e depois transportadas para Biarritz, no sul da França.

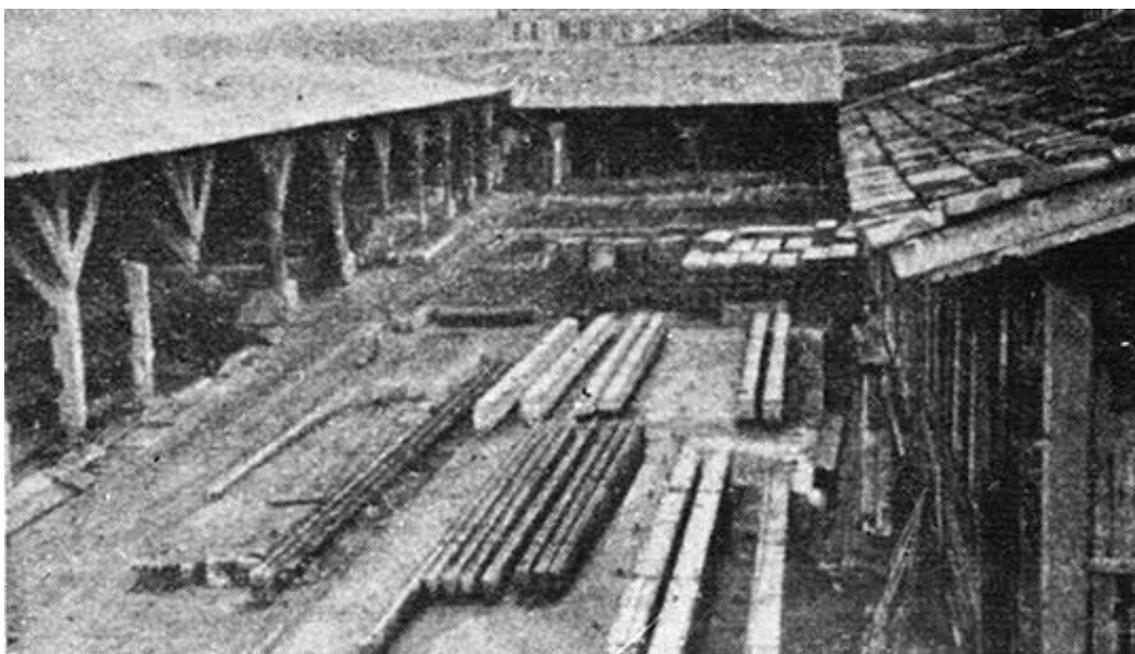


Figura 11. Vigas Pré-fabricadas na fábrica de Coignet para a construção do Casino Biarritz  
Fonte: ABCIC, s/d

Outra experiência pioneira, considerada um dos marcos do desenvolvimento da pré-fabricação, antecedente ao século XX, é a construção de *Weavne's Mill* (Figura 12), em 1897 pelo engenheiro francês François Hennebique, que naquela altura já detinha uma série de patentes referentes à aplicação de sistemas de concreto armado.



Figura 12. Weavne's Mill em 1979  
Fonte: WHITTLE, 1979

Nesta construção, François Hennebique fez o uso de estruturas porticadas, com elementos pré-moldados em um contexto singular, sendo a pioneira na aplicação desta técnica construtiva na Inglaterra.

Os eventos que acontecem no começo do século XX, que podem ser considerados marcos para o desenvolvimento da pré-fabricação e consequentemente da industrialização do processo construtivo, ocorrem em (DEBS, 2000):

- 1900 – Surgimento dos primeiros elementos de grandes dimensões para coberturas nos Estados Unidos;
- 1906 – Os primeiros elementos pré-fabricados: vigas treliça denominadas “Visitini” e estacas de concreto armado, começam a ser executados na Europa;

- 1907 – Todas as peças de um edifício industrial foram pré-moldadas no canteiro, nos Estados Unidos, pela Edson Portland Co., pertencente a Thomas Alva Edson;
- 1907 – Surgimento nos EUA, as primeiras aplicações do processo “tilt-up”, onde paredes são executadas sobre o solo e depois içadas na posição vertical.

Após a Primeira Guerra Mundial (1914-1919), o Movimento Moderno na arquitetura se consolida na Europa, especialmente com a fundação da Bauhaus, na República de Weimar em 1919, o que gera um debate profundo, quanto ao déficit habitacional causado pela guerra. Neste contexto, a busca pela construção rápida e econômica por meio da industrialização do processo construtivo, tem início (REGINO, 2006). Com estes condicionantes, países como: Alemanha, França e Rússia incorporam alguns conceitos de racionalização e produção em série de elementos construtivos de concreto em experiências habitacionais.

Na Alemanha, durante a República de Weimar (1919-1933), foi feita uma grande reflexão quanto à temática da habitação, envolvendo arquitetos, como: Bruno Taut, Ernst Mayr, Hannes Meyer, Mies van der Rohe e Walter Gropius. A busca pela funcionalidade e industrialização era comum entre os profissionais alemães da Bauhaus, gerando o processo de projeto e construção de grandes conjuntos habitacionais chamados de “*Siedlungen*” (KOPP, 1990).

Localizado nas proximidades de Dessau, projetado pelo arquiteto Walter Gropius com o auxílio posterior de Hannes Meyer e construído entre os anos de 1926 e 1928, o Conjunto Habitacional de Törten (Figura 13 e 14) se destaca dentre as experiências com construção racional e padronizada. O conjunto abriga cerca de 300 unidades habitacionais, onde a tipologia formal replicada proporcionou a padronização de elementos construtivos, como: vigas, pilares e painéis de vedação moldados *in loco*. O pioneirismo se encontra em conceitos aplicados em sua construção, como a organização de canteiro de obras e na padronização das moradias.



Figura 14. Conjunto Habitacional de Törten  
Fonte: GROPIUS, 1928

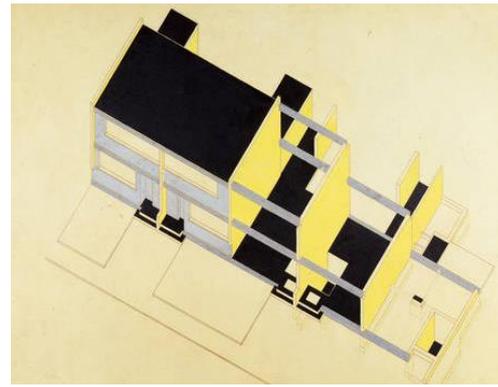


Figura 13. Isométrica do sistema estrutural das tipologias habitacionais de Törten  
Fonte: GROPIUS, 1928

A questão da moradia pautava tanto o cotidiano dos arquitetos alemães, que no ano de 1925, o *Deutscher Werkbund* (Figura 15) que era uma associação de artesãos, artistas e publicitários realizou uma exposição intitulada de *Die Wohnung* (A Habitação), que consistia na construção de um grande bairro residencial chamado *Weissenhof-Siedlung* (Figura 16), onde 17 arquitetos modernistas chefiados por Mies van der Rohe puderam investigar a industrialização de processos construtivos em uma escala urbana.



Figura 16. Logo da Deutscher Werkbund  
Fonte: Deutscher Werkbund, s/d



Figura 15. Exposição Die Wohnung do conjunto habitacional Weissenhof-Siedlung  
Fonte: Deutscher Werkbund, s/d

Dentre os arquitetos que participavam da exposição, estavam: Peter Behrens, Walter Gropius e Le Corbursier. Vale ressaltar que Gropius foi responsável pelo modelo de casa pré-fabricada do novo conjunto habitacional.

Para compreender essa motivação por uma arquitetura industrializada desenvolvida na Alemanha no começo do século XX, é necessário destacar o papel do *Deutscher Werkbund* na institucionalização da temática. Apesar da origem no movimento *Arts & Crafts*, a Associação (*Deutscher Werkbund*) buscava a reconciliação e posteriormente, a união entre arte e indústria. Durante as décadas de 1920 e 1930, o movimento se pautou em duas correntes, sendo uma voltada para a industrialização e a tipificação de produtos e a outra para a individualidade artística. Dentre as principais mentes por trás do *Werkbund* estavam: Peter Behrens, Theodor Fischer, Hermann Muthesius, Bruno Paul, Richard Riemerschmid, Henry van de Velde. Este tipo de movimento se alastrou pela Europa em países como: Áustria, Suíça e Inglaterra.

Na Rússia, a temática da habitação foi pautada pelos interesses do estado, com a formação de um grupo de pesquisas chamado *Stroikom* (Comitê de Construções Estatais) em 1928. Os pesquisadores, liderados pelo arquiteto Moisei Guizburg desenvolveram várias unidades habitacionais, com dimensões que variavam entre 27 e 30 m<sup>2</sup> que, acrescentadas aos equipamentos de uso coletivo, formavam a *dom komunna* ou residência comunal. Apesar do baixo sucesso obtido, as tipologias habitacionais desenvolvidas na Rússia tiveram um papel significativo na discussão de novas formas de habitação, simbolizando o caráter inovador daquela arquitetura (REGINO, 2006).

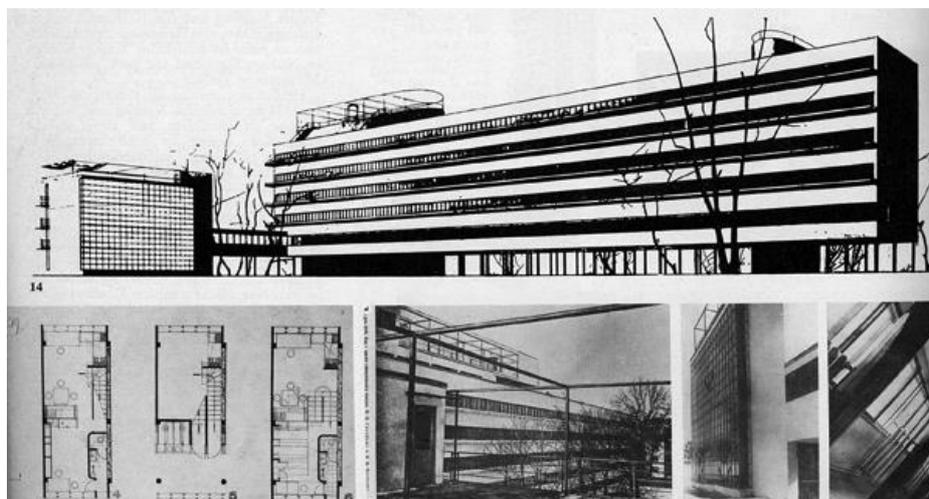


Figura 17. Edifício Narkomfin, em Moscou, projeto de Moisei Ginzburg e Ignati Milinis  
Fonte: MORAIS, 2014

Dentre os edifícios que marcam aquele período, o Edifício Narkomfin (Figura 17) (1928-1929), em Moscou, projetado por Moisei Guinzburg e Ignati Milinis e desenvolvida para funcionários do Comissariado Popular das Finanças, representa as primeiras experiências com pré-fabricação na Rússia.

A busca por soluções no campo da habitação vai transitar paralelamente com o desenvolvimento da técnica da pré-fabricação. Os CIAM (Congressos Internacionais de Arquitetura Moderna) entre os anos de 1928 e 1956, vão tratar a temática da habitação dividindo em subtemas, como: o habitat mínimo, o edifício racional, a cidade funcional, a habitação coletiva e o núcleo da cidade (KRUGER, 2016).

## **2.2 Experiências no Pós-Guerra**

Após a Segunda Guerra Mundial (1939-1945), a técnica do concreto pré-fabricado desempenha um papel significativo na reconstrução da Europa. A tecnologia foi bem-vinda, devido à rapidez do processo de montagem e ao baixo número de operários nos canteiros. Esta circunstância histórica viabilizou avanços tecnológicos, compensação do déficit habitacional e possibilitou o desenvolvimento de uma nova estética para a Arquitetura Moderna (KRUGER, 2016).

É importante ressaltar que a viabilização dessa arquitetura industrializada desenvolvida na Europa no Pós-Guerra, se dá com o anúncio do Plano Marshall, em 1947, visando principalmente a reconstrução dos países afetados na porção Ocidental e recuperação econômica (SIMON, 2011).

O plano não objetivava apenas beneficiar com auxílio financeiro, mas com o envio de maquinário, mão de obra qualificada e tecnologia, proporcionando o desenvolvimento dessa arquitetura.

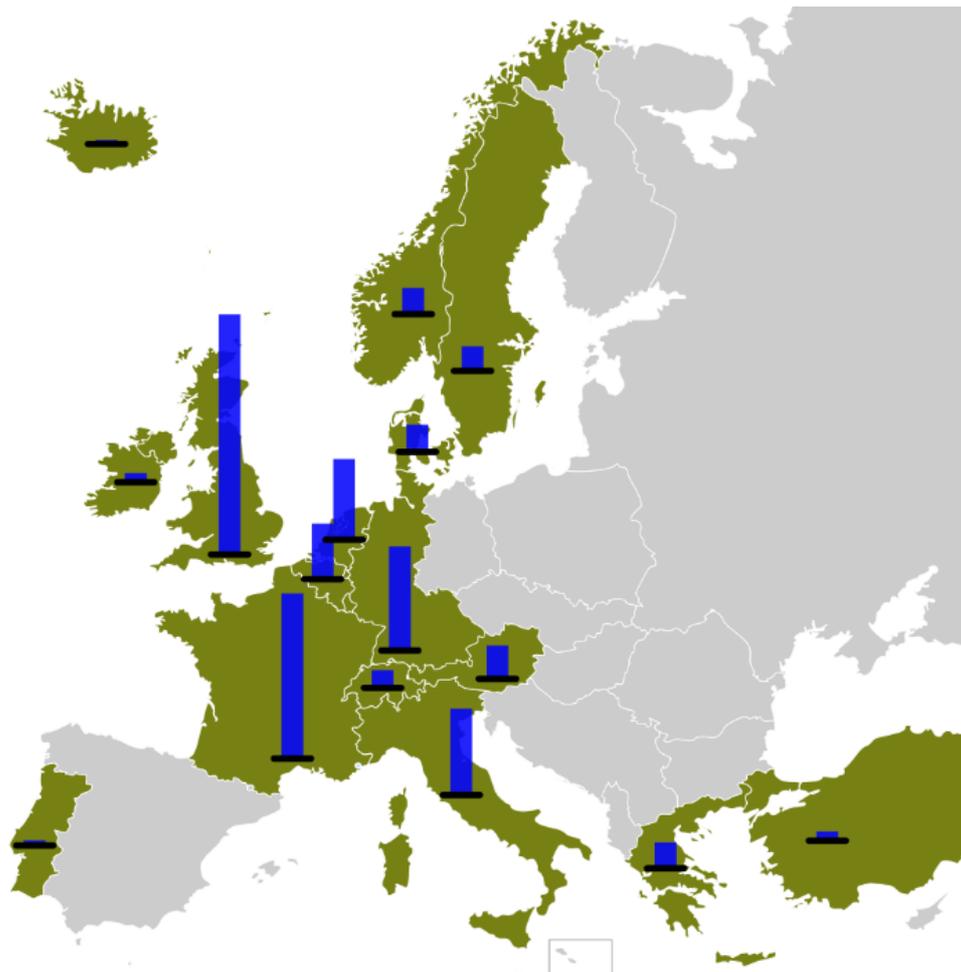


Figura 18. Mapa dos países que aceitaram participar do Plano Marshall  
 Fonte: MIRACETI, 2009

O Plano Marshall trouxe, entre os anos de 1948 e 1952, o rápido crescimento econômico dos países Ocidentais, com produção industrial crescendo a 35% e uma produção agrícola que havia superado os níveis do Pré-Guerra (GROGIN, 2000). Com este impacto econômico, e com as discussões, entorno da temática habitacional, que estavam em voga nos CIAM, surgem diversas experiências com elementos pré-moldados no processo de reconstrução das nações europeias. Dentre os países que mais contaram com auxílio do Plano Marshall, destacam-se: Inglaterra, França, Itália e Alemanha Ocidental.

Na França, o processo de industrialização da construção foi marcado por diferentes etapas: os mercados racionalizam as obras, os financiamentos eram feitos a longo prazo, a distribuição das construções era feita de maneira homogênea aos recursos disponíveis e os acordos com as empresas executoras

para desenvolver edifícios racionalizados, com baixa contratação de mão de obra e projetos simplificados.

No ano de 1951, o Ministério da Reconstrução e da Habitação do governo francês estabeleceu um plano para construção de mais de 10 mil unidades habitacionais até o ano de 1956 (BRUNA, 1976). O processo de industrialização na França leva, conseqüentemente, à produção em série de painéis de concreto, estruturas, blocos de sanitários e escadas na construção dos conjuntos habitacionais. Dentre os sistemas mais utilizados, vale destacar o Camus que, posteriormente, foi exportado para a União Soviética, além de fazer parte do chamado sistema de ciclo fechado.

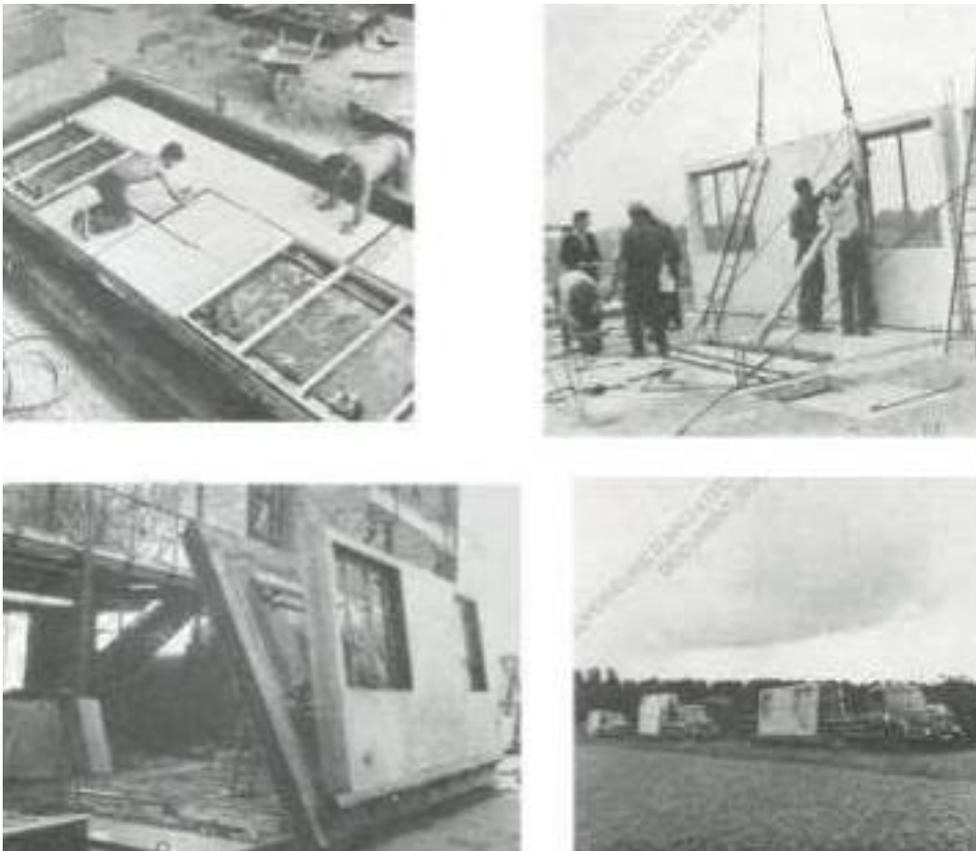


Figura 19. Processos da produção de elementos pré-fabricados na França  
Fonte: APUD AZUL e PISANI, 2018

Dentre as importantes experiências na França, vale destacar os conjuntos *Les Courtillières* (Figura 20), projetados por Emile Aillaud e George Contenot, em 1954.



Figura 20. Conjunto habitacional Les Courtilières em Paris  
Fonte: ABEILLE, s/d

Antes da aplicação do Plano Marshall e toda uma política habitacional, na França, em 1947. Le Corbusier já iniciava o projeto da Unidade de Habitação (Figura 21) na cidade de Marselha. A edificação foi desenvolvida com os elementos fundamentais da Arquitetura Moderna, fundamentados pelo próprio Le Corbusier. A construção abriga cerca de 337 unidades habitacionais em uma projeção de 30 metros por 100 metros, além disso, a execução do edifício fez uso de estruturas de concreto armado, revestidas com elementos pré-fabricados (BOESIGER, 1994).



Figura 21. Unidade de Habitação de Marselha  
Fonte: MORI, 2019

Além da Unidade de Marselha foram construídas outras quatro, sendo três na França: Rezé (1955), Briey en Forêt (1963) e Firminy (1965). Além de uma na Alemanha, em Berlim (Figura 22), construída em 1958.



Figura 22. Unidade de Habitação de Berlim  
Fonte: SAVIM, 2017

Sob uma justificativa gerada por uma convergência histórica, econômica, tecnológica e social que o país vivia, o *Case Study Program* surgiu entre os anos, de 1945 e 1966, nos EUA (mais especificamente em Los Angeles). Ocorria, então, um dos programas de habitação racionalizada mais significativos para a História da Arquitetura Moderna norte americana com o patrocínio da Revista Arts & Architecture do editor John Entenza (KRUGER, 2016). Sob a perspectiva da volta de milhões de soldados, ocasionando um *boom* imobiliário no país, o editorial convidou grandes nomes da arquitetura estadunidense (como: Richard Neutra, Eero Saarinen, Charles Eames, Ray

Eames e Pierre Koenig) para o desenvolvimento de casas de baixo custo e eficientes e solucionar a demanda deste programa nascida do Pós-Guerra. Com isso, a indústria da construção pudesse otimizar sua produção, por meio da padronização e repetição construtiva.

Diferentemente do panorama europeu, que estava reconstruindo as suas cidades com conjuntos habitacionais em sistemas de pré-fabricados em concreto, as experiências do *Case Study Program* destacam os sistemas de construção em aço, principalmente na casa projetada por Charles e Ray Eames, com a Case Study N° 8 (Figura 23).

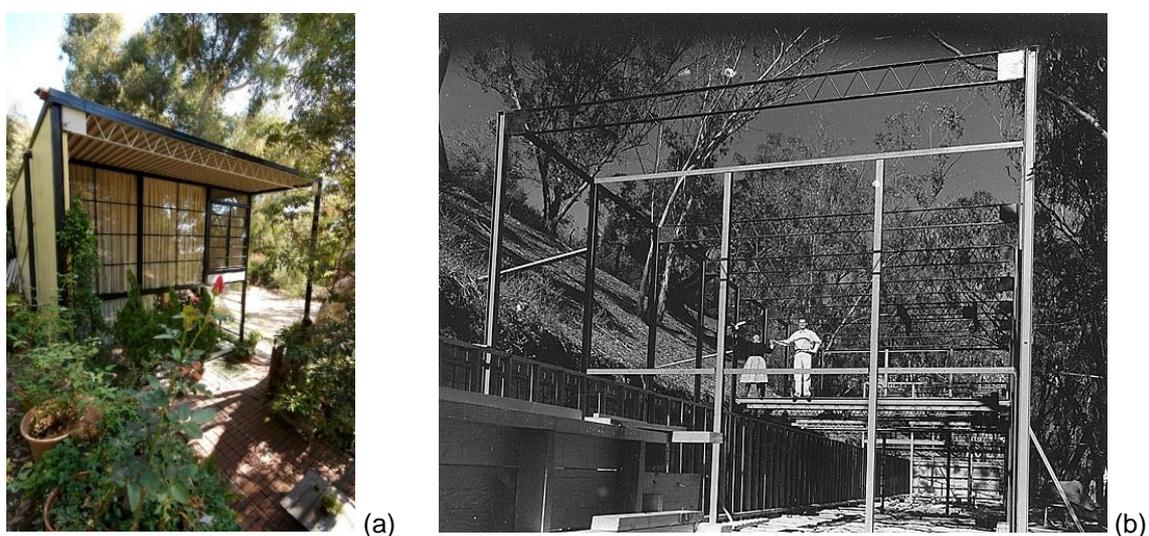


Figura 23. Casa N°8: (a) bloco da casa N° 8 (b) pórtico metálico  
Fonte: PEREZ, 2010

Na Europa Oriental, a viabilização de seu processo de reconstrução se deu de forma semelhante aos países ocidentais, com o desenvolvimento de planos de recuperação por parte da URSS e do Conselho para Assistência Econômica Mútua (COMECON). O COMECON foi fundado em 1949 e visava a integração econômica dos países do Leste Europeu. Inicialmente, o bloco foi formado por: URSS, Alemanha Oriental, Tchecoslováquia, Polônia, Hungria e Romênia, posteriormente, Mongólia, Cuba e Vietnã passaram a pertencer ao grupo. Esta organização durou até 1991 e sua criação pode ser considerada uma resposta soviética ao Plano Marshall. (THE EDITORS OF ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA, 2019). O COMECON foi a organização que viabilizou e financiou a reconstrução dos países do leste no Pós-Guerra, conseqüentemente, foi um

fator determinante no processo de industrialização e reconstrução destas nações.

O desolado cenário da Europa dividida e em reconstrução constante, era um campo fértil para concretização de ideias em caráter embrionário traçadas pelo Modernismo arquitetônico referentes à produção industrial da habitação enquanto produto de massa. O conceito da pré-fabricação foi, então, aplicado com entusiasmo no Leste e no Oeste e teve como principal referencial, lá e cá, as diretrizes dos CIAM e seus diversos desmembramentos (KARCHENKO, 2016).

Durante a existência do Bloco Socialista houve um enorme esforço para combater o déficit habitacional gerado pela Segunda Guerra Mundial. O período de aplicação das políticas habitacionais, e consequente produção em massa proporcionada pela indústria entre os anos de 1950 a 1990 geram uma drástica redução desse déficit. A realização, através de números: Em 2001 a população do Leste Europeu era de aproximadamente 170 milhões de pessoas, desse montante, 70 milhões viviam em habitações pré-fabricadas, sendo 2,2 milhões, somente na região metropolitana de Moscou (MOREIRA, 2001).

Entre os anos de 1950 e 1960 a URSS vai espalhar em boa parte de seu território os Khrushchyovka<sup>3</sup> (Figura 24), que eram edificações de baixo custo de até cinco pavimentos, as habitações representaram uma tentativa inicial de construção industrializada, com pré-fabricação de ciclo fechado.

A solução do déficit habitacional por meio dos Khrushchyovka sugere, a partir de uma convenção de arquitetos em 1951, sob a supervisão de Nikita Khrushchov<sup>4</sup> (Figura 25). O principal idealizador desse tipo de construção foi o arquiteto-engenheiro e planejador chefe da cidade de Moscou, entre 1954 e 1961, Vitaly Lagutenko, desenvolveu fábricas para produção de painéis de concreto adaptadas a um rápido cronograma de montagem. Entre os anos de

---

<sup>3</sup> Khrushchyovka é um nome não oficial de um tipo de edifício de apartamentos de três a cinco andares, de baixo custo, com painéis de concreto, que foi desenvolvido na URSS no início dos anos 1960, quando Nikita Khrushchev. dirigiu o governo soviético. (KARCHENKO, 2016)

<sup>4</sup> Nikita Serguêievitch Khrushchov foi Secretário Geral do Partido Comunista da União Soviéticas (PCUS) entre os anos de 1953 e 1964.

1961 e 1968 foram construídas cerca de 64 mil unidades habitacionais somente na capital soviética (KARCHENKO, 2016).



Figura 24. Exemplos de Khrushchyovka na cidade de Vilnius na Lituânia  
Fonte: VASILIAUSKAS, 2019



Figura 25. Nikita Khrushchov e Walter Ulbricht<sup>5</sup> inspecionam sistemas construtivos em 1957  
Fonte: MOREIRA, 2001

---

<sup>5</sup> Walter Ulbricht foi membro do Partido Comunista da Alemanha e Presidente do Conselho de Estado da RDA entre os anos de 1960 e 1973.

Na Alemanha Ocidental e Oriental, a estabilização econômica veio no final dos anos de 1960 com aplicação dos planos de recuperação de americanos e soviéticos, iniciados no começo dos anos de 1950. A partir da calmaria econômica, houve a recuperação dos programas habitacionais que visavam ocupar os grandes vazios urbanos gerados pelos bombardeios. Somente na extinta República Democrática Alemã (RDA), foram construídas 645.000 unidades habitacionais entre os anos de 1971 e 1989, a partir de um modelo de edificação chamado *Plattenbauten* do tipo WBS 70. Somente em Berlim Ocidental, foram cerca de 195.000 unidades. Este fenômeno também ocorreu na França, Inglaterra e Holanda (MOREIRA, 2001).

O modelo de habitação *Plattenbauten* do tipo WBS 70 (Figura 26) desenvolvido pelos arquitetos Wilfried Stallknecht e Achim Felz representam uma fase nova no sistema de pré-fabricados, o chamado ciclo aberto, onde haverá a incorporação de elementos construtivos convencionais aos de produção em série.



Figura 26. Edifícios do tipo WBS 70 em Berlim  
Fonte: BOONEKAMP, 2009

Com a incorporação de novas técnicas, foi possível a verticalização das construções industrializadas, além da flexibilização de tipologias em unidades habitacionais, com plantas mais livres e um sistema linear modular e

racionalizado. Na RDA, vão ser desenvolvidos edifícios que vão de 5 a 11 pavimentos em um sistema modular de 6,00x6,00 metros, como os projetados por Edwin Busch entre os anos de 1970 e 1979, em Berlin-Mitte (Figura 27) e o conjunto em Berlin-Treptow, projetados pelos arquitetos Dexel, Moell e Thompson entre os anos de 1960 (Figura 27).



Figura 27. Torres pré-fabricadas em Berlin-Mitte  
Fonte: MOREIRA, 2001



Figura 28. Conjunto habitacional em Berlin-Treptow  
Fonte: MOREIRA, 2001

A industrialização da construção passou a ser implantada e replicada na Europa sob a justificativa gerada pelas consequências de duas grandes

guerras. A escassez de equipamentos públicos, de mão de obra e, principalmente, a questão já discutida da habitação, acabam gerando uma série de planos de recuperação, sendo estes aplicados em todo território europeu, com o intuito de fortalecer o poder econômico e viabilizar a reconstrução das cidades afetadas, principalmente, após a 2ª Guerra Mundial (1939-1945).

A partir da viabilidade econômica proposta pelos planos de recuperação, uma série de nações europeias aplicaram políticas para implantar o processo de industrialização da construção, na expectativa de redução do tempo de construção, economia, redução da mão de obra e combate ao déficit habitacional. Ainda que em caráter embrionário, países como: França, Alemanha, Inglaterra, Holanda e as nações da Europa Oriental aplicaram técnicas industriais guiados pela motivação dos seus respectivos governos.

A produção em série de construções pré-fabricada na Europa durante o Pós-Guerra acarreta no surgimento de novas tecnologias no campo da construção e no desenvolvimento de sua industrialização, por meio de ciclos de produção. As experiências desenvolvidas neste continente serão exportadas, incorporadas e também em outros países, com motivações e viabilizações distintas.

## 2.3 Ciclos dos Sistemas Pré-fabricados

No decorrer do século XX, especialmente entre os anos de 1950 e 1990, os sistemas de pré-fabricados podem ser classificados em três etapas, conforme o seu ciclo de produção (SALAS, 1988):

- Entre 1950 e 1970, caracteriza-se pelo uso de sistemas pré-fabricados, cujo os componentes eram elaborados pelo mesmo fornecedor, constituindo um ciclo fechado.
- Entre 1970 e 1980, caracteriza-se pela rejeição social dos sistemas de pré-fabricados, devido a série de acidentes em edifícios construídos com painéis de concreto. Esse período marca o declínio dos sistemas de ciclo fechado.
- Após 1980 ocorre uma série de demolições de conjuntos residenciais construídos no Pós-Guerra, devido a rejeição social e a deterioração oriundas de patologias. Este período também se caracteriza pela consolidação dos sistemas de pré-fabricados de ciclos abertos, onde os componentes eram compatíveis com sistemas de origens variadas.

Os sistemas fechados dão origem aos conjuntos habitacionais, visando suprir o déficit habitacional gerado pelo Pós-Guerra na Europa. A utilização dos sistemas de pré-fabricados surge ainda em caráter embrionário, criando uma espécie de estigma a esse tipo de construção, onde a industrialização massiva de elementos construtivos somada a falta de avaliação prévia dos sistemas ocasionaram o surgimento de patologias, além de apresentar-se um método inflexível (FERREIRA, 2003). O caráter de urgência da reconstrução da Europa resulta em políticas de estímulo à construção pré-fabricada em um modelo inflexível do ponto de vista arquitetônico, com padrões rigorosos para reduzir gastos.

O surgimento do sistema de ciclo fechado dá-se na expectativa de reduzir custos e tempo de construção, e exercerá esse papel em diversas experiências concretizadas na Europa, especialmente na parte Oriental, onde a

construção de conjuntos habitacionais transformou a paisagem de algumas cidades, até dando certa identidade, como os conjuntos na antiga RDA e das cidades russas.

O declínio dos sistemas de ciclo fechado, iniciado a partir dos anos de 1970, foi impactado pelo desenvolvimento de organizações construtoras, métodos e técnica de industrialização variadas, com a utilização de materiais, (como o plástico e o aço) que nessa altura contavam com uma indústria bastante desenvolvida e diversificada (BENDER, 1976). Os condicionantes proporcionaram o desenvolvimento de técnicas construtivas e de pré-fabricação mais variadas, dando origem aos sistemas de ciclo aberto. A década também se destaca pela utilização de elementos de produção em série com sistemas convencionais da construção.

Os sistemas de ciclo aberto são caracterizados pela flexibilização dos componentes construtivos. Os sistemas de pré-fabricado deste tipo de ciclo permitem a incorporação ou associação de elementos padronizados, mesmo que possuam origens de fabricação distintas (BRUNA, 1976, FERREIRA, 2003).

Até a década de 1970, era pertinente discutir um cenário em que a industrialização de inspiração estética modernista e de produção em massa, mas mudanças recentes no paradigma industrial, daquele contexto, fizeram da industrialização das construções nos moldes fordistas, uma alternativa anacrônica, frente às organizações e tecnologias contemporâneas (FABRICIO, 2013, p. 238).

A partir dos anos de 1980, ocorre uma terceira geração de sistemas de pré-fabricados, dotada de um alto grau de especificação, chamada de ciclo flexibilizado, incorporando elementos do aberto e fechado, onde a produção dos elementos construtivos vai além da fábrica, com a possibilidade de fabricação no canteiro de obras, dentro de um sistema, com alto grau de controle e qualidade e de organização da produção, como pode vir a ser o sistema *tilt-up* (Figura 29), que consiste em paredes moldadas *in loco* na horizontal e, posteriormente, içadas por guindastes e posicionadas sobre blocos de fundação previamente executados (SERRA, FERREIRA e PIGOZZO, 2005).

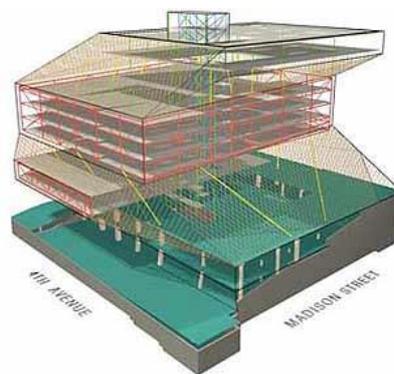


Figura 29. Paredes moldadas no sistema tilti up sendo içadas no local  
 Fonte: SANTOS, 2012

Com o esgotamento do modelo taylorista-fordista de produção industrial, e somando às dificuldades de implantar um modelo de industrialização em massa na construção de edifícios, foi necessário rever o conceito e os pressupostos para industrialização das construções, a fim de fundamentá-lo sobre bases mais contemporâneas, alinhadas aos novos paradigmas industriais e às características da indústria de construção do século XXI. Nesse contexto, ganha importância, na organização e na tecnologia de produção, a discussão do que é denominada “produção enxuta” ou “Sistema Toyota de Produção”. Em uma visão mais flexível sobre industrializar a construção, mais voltada à gestão e integração dos processos do que à reconfiguração tecnológica do produto e do sistema construtivo (FABRICIO, 2013).



(a)



(b)

Figura 30. Biblioteca de Seattle: (a) modelo real (b) isométrica do modelo estrutural  
 Fonte: RUAULT, 2009

O processo de integração de projetos informatizados associado a produção industrial, são instrumentos que caracterizam o ciclo flexibilizado, viabilizando aspirações individuais às necessidades da construção, permitindo o desenvolvimento de pequenas séries, mas compostas por elementos singulares. Já no século XXI é possível identificar algumas construções concebidas, por meio de um processo industrializado feito sob medida, adequado a uma arquitetura específica. A Biblioteca de Seattle (Figura 30) projetada pelo escritório OMA (*Office of Metropolitan Architecture*) do arquiteto Rem Koolhaas em 2004, vai aplicar conceitos do ciclo flexibilizado, produzindo um edifício em um processo industrial, mas com componentes únicos. Outro grande exemplo deste tipo de concepção, mas desenvolvido nos anos de 1990 é o Museu Guggenheim Bilbao (Figura 31) projetado pelo arquiteto americano Frank Gehry.



Figura 31. Museu Guggenheim Bilbao  
Fonte: MURAYAMA, 2016

A partir dos anos de 1970, ocorrem revisões dos sistemas de produção fechados, com a incorporação de elementos moldados *in loco* e a diversificação do mercado com o surgimento de organizações construtoras, responsáveis por integrar os componentes de fabricação, independentemente de sua origem, dando início ao processo de ciclo aberto. As construções pré-

fabricadas desenvolvidas no período do Pós-Guerra, portanto, vão marcar uma fase embrionária do processo de industrialização das construções, onde o ciclo fechado foi predominante na reconstrução das nações europeias e será a bandeira do Movimento Moderno. A partir dos anos de 1980, a incorporação de elementos dos ciclos aberto e fechado gerou o ciclo flexibilizado, que surge sob a crise que atinge o processo de industrialização da construção no final do século XX, com as baixas demandas de larga escala, onde a produção em série e estocada, não condiz com as demandas contemporâneas e aspirações individuais que norteiam o século XXI.

## 2.4 Industrialização da Construção no Brasil do Século XX

A partir dos anos de 1930, o Brasil passa por um processo de industrialização iniciado pela Era Vargas, com investimentos na criação de empresas estatais, estas, concentradas na região sudeste do país. Esta mudança foi secular na História do Brasil e implicou no declínio da atividade primária e o crescimento dos centros urbanos (AZUL e PISANI, 2018). Este processo de industrialização gerou impacto nas demandas da construção civil com a utilização de elementos pré-fabricados ainda que de maneira tímida.

O processo de industrialização das construções no Brasil ocorreu em paralelo ao desenvolvimento do concreto armado, sob influência estrangeira no começo do século XX e consequente incorporação na Arquitetura Moderna brasileira. Uma das primeiras experiências com a produção em série de elementos construtivos ocorreu no Rio de Janeiro, em 1926, com a construção do Hipódromo da Gávea (Figura 32). Segundo Vasconcelos (2002), citado por Serra, Ferreira e Pigozzo (2005), o edifício teve diversas aplicações de elementos pré-fabricados, dentre elas, se pode citar as estacas de fundação e as cercas do perímetro da área reservada ao hipódromo.

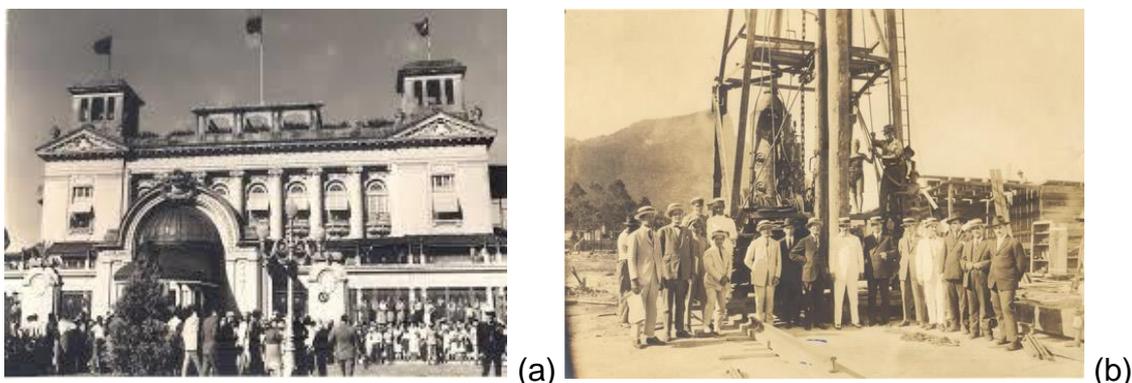


Figura 32. Hipódromo da Gávea no Rio de Janeiro: (a) edificação construída (b) pré-moldagem das estacas e fundações  
Fonte: MACHADO, 2016

Apesar do Brasil não ter sofrido com as devastações da Segunda Guerra Mundial e de não conter demandas construtivas como as dos países europeus no Pós-Guerra, a partir dos anos de 1950, houve uma preocupação maior com racionalização e industrialização de sistemas construtivos, especialmente no estado de São Paulo, com construções de galpões pré-

moldados executados pela Construtora Mauá, empresa especializada em construções industriais. Uma das primeiras construções executadas pela mesma, foram os galpões do Cortume Franco-Brasileiro (Figura 33) em Barueri e a Fábrica da ELCLOR, em Jundiaí, onde os elementos de cobertura foram pré-moldados no canteiro de obras (VASCONCELOS, 2002).

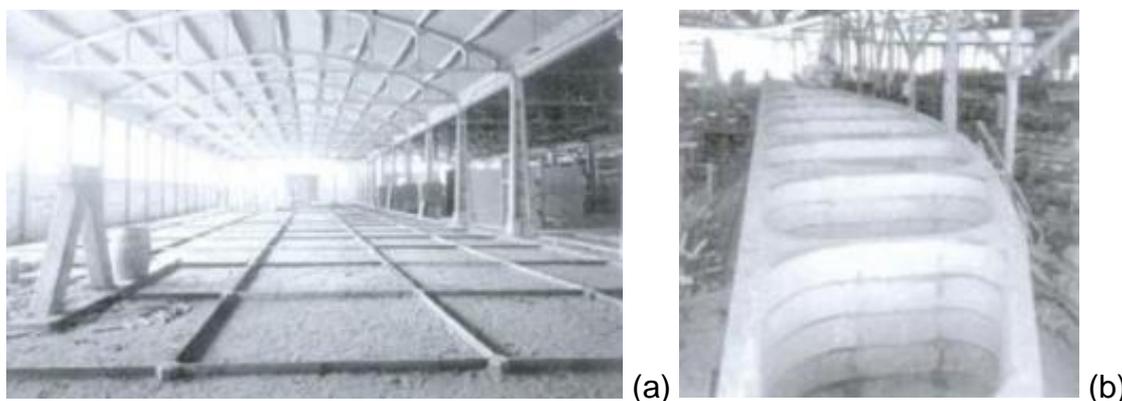


Figura 33 – (a) Vista longitudinal do galpão do Cortume Franco-Brasileiro executado pela Construtora Mauá (b) Tesouras Vierendeel em processo de pré-moldagem superposta  
Fonte: VASCONCELOS, 2002

Durante o período do governo do presidente Juscelino Kubitschek (1956-1961), houve priorização da expansão do setor industrial, que resultou em realizações de grande porte, como: a construção da nova capital no centro demográfico do país, abertura de novas rodovias, aumento da capacidade energética e investimentos na indústria de base e automobilística (KOURY, 2007). Tais temáticas mobilizaram o plano de modernização nacional em um curto espaço de tempo, apesar de tais investimentos não constituírem em políticas específicas para o desenvolvimento da industrialização da construção civil, sendo profundamente ativada para a realização das obras necessárias que o país demandava (VASCONCELOS, 2002).

Segundo a Associação Brasileira de Construção Industrializada (ABCI), a sistematização dos sistemas de pré-fabricados no Brasil ocorre no início da década de 1960, onde as experiências da década anterior foram eventos atípicos, esporádicos e sem demonstração de continuidade (SERRA, FERREIRA e PIGOZZO, 2005).

Até os anos de 1960, as experiências com pré-fabricação e a industrialização da construção eram de baixa produção, com poucos exemplares

e concentradas na região sudeste. O investimento no setor industrial feito nos governos de Getúlio Vargas (1934-1945) e Juscelino Kubitschek (1956-1961) estimulou o setor da construção civil, gerando grandes demandas e o desenvolvimento de novas tecnologias construtivas. Nesta década, ocorre às primeiras grandes experiências com pré-fabricação, implantadas em um modelo que se assemelha ao ciclo fechado, mas adaptado à mão de obra pouco qualificada e ao sistema construtivo convencional.

Dentre as primeiras experiências, vale ressaltar a construção do Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo (CRUSP, 1962-1963) (Figura 34), localizado no *Campus* Armando Salles de Oliveira, no bairro Butantã em São Paulo e projetado por Eduardo Kneese de Melo, Joel Ramalho Júnior e Sidney de Oliveira.

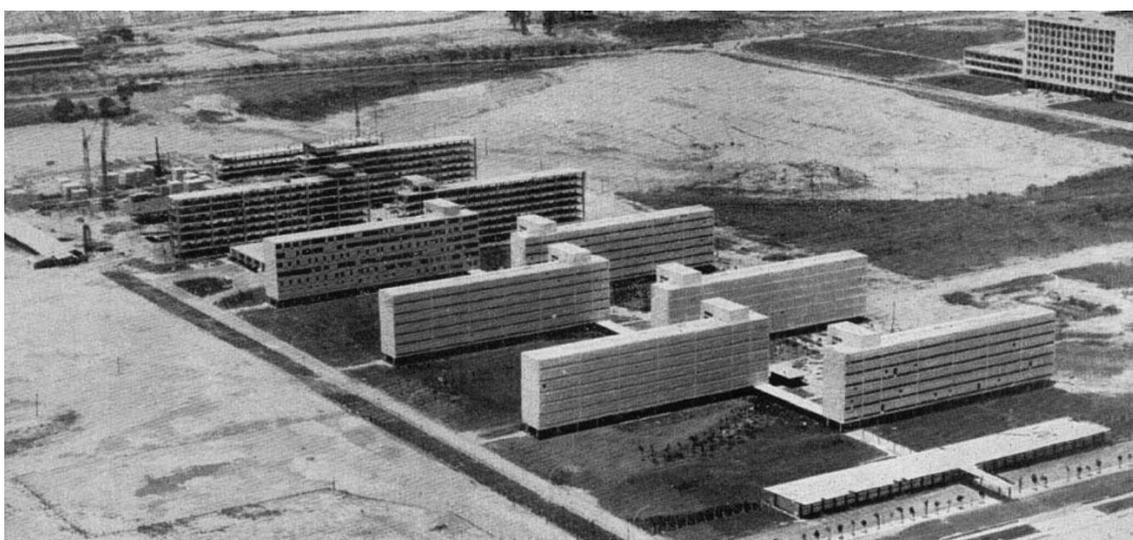


Figura 34 – Vista área do CRUSP em 1964  
Fonte: ACRÓPOLE, 1964

O conjunto foi encomendado pelo governo de São Paulo com o objetivo de abrigar atletas dos jogos pan-americanos de 1963. Como a técnica do pré-fabricado era bastante incipiente no Brasil, os seis primeiros edifícios foram construídos no sistema convencional moldado *in loco* e executados pela empresa Servix, os demais foram executados pela Ribeiro Franco S.A.

A execução dos sistemas construtivos lançou mão de algumas soluções originais para a época, como: emprego de lajes nervuradas, com vantagens estéticas e de isolamento termoacústico; moldagem de vigas em

seção T, com vazios no miolo, o que proporcionava grande flexibilidade à passagem de tubulações; utilização de um sistema misto de enrijecimento da estrutura, com solda da ferragem dos pilares e rejuntamentos de concreto.

A moldagem dos elementos estruturais foi feita com precisão, uma vez que o método desenvolvido estava baseado no encaixe das peças. O sistema de formas metálicas fixas, formado por elementos justapostos de aproximadamente 2,5m, acrescidos das peças necessárias para garantir vazios e furos, permitiu que os resultados previstos fossem alcançados. As formas, dimensionadas *in loco*, de acordo com o projeto, eram preparadas com óleo para facilitar a desmontagem. A armadura dos pilares foi montada em malha, no próprio canteiro da obra, variando as dimensões da armadura a cada andari. O transporte foi efetuado a partir da operação de estocagem dos elementos estruturais pré-moldados, posteriormente, as peças foram deslocadas sobre trilhos, com auxílio de guindastes móveis. No caso do CRUSP, a disposição dos edifícios dificultou a locomoção dos guindastes, obrigando excessiva movimentação do equipamento. O peso máximo das peças estruturais – cerca de 3 toneladas – orientou a escolha dos guindastes de torre (VASCONCELLOS, 2016).

A Figura 35, ilustra o diagrama de montagem dos pilares e das lajes nervuradas dos blocos pré-moldados do CRUSP.

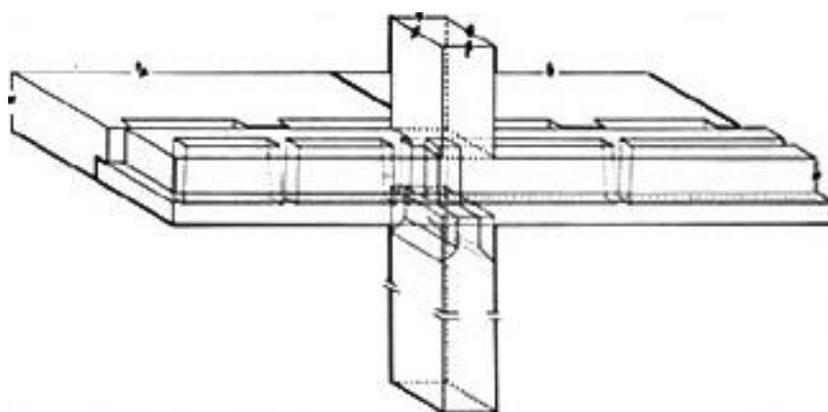


Figura 35 – Diagrama de montagem  
Fonte: ACRÓPOLE, 1964

Na Figura 36, ilustra-se o processo de montagem dos elementos estruturais. Vale ressaltar o sistema de encaixe do tipo macho e fêmea das vigas e pilares.

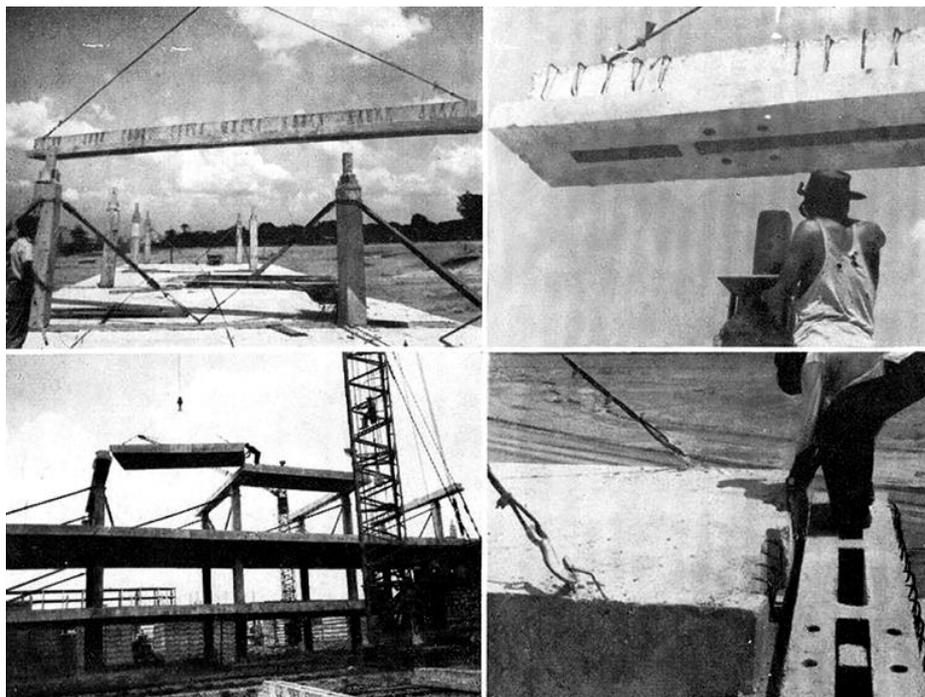


Figura 36 – Montagem dos sistemas de estruturas do CRUSP. As vigas de seção “T” invertidas com rasgos para encaixe dos pilares  
 Fonte: ACRÓPOLE, 1964

Além dos elementos estruturais, o sistema de circulação vertical (Figura 37) foi moldado no canteiro e depois içado no seu devido lugar. Destaque para o içamento dos pilares no sistema de encaixe proposto pela Ribeiro Franco S.A.

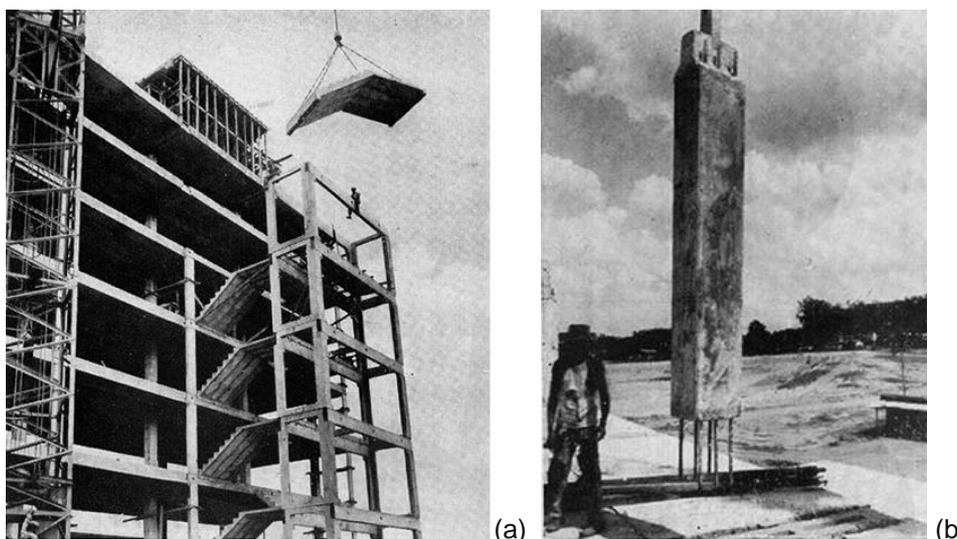
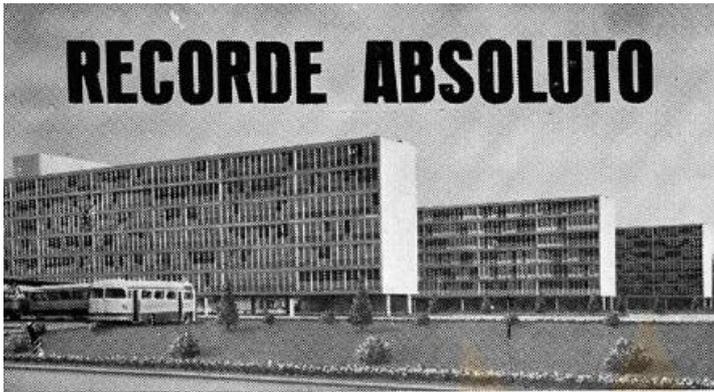


Figura 37 – (a) Montagem do sistema de circulação vertical do CRUSP (b) Encaixe nos pilares por meio do sistema macho-fêmea.  
 Fonte: ACRÓPOLE, 1964

Segundo Vasconcellos (2016), o departamento técnico da construtora Ribeira Franco apontou algumas vantagens na utilização do sistema de pré-

fabricados na construção do CRUSP, como a economia de todos os meios que faziam parte da obra, incluindo o emprego racional dos materiais. Foi constatado na época uma redução de 40% na quantidade de homens por hora, além de uma eliminação de 50% da mão de obra em comparação ao sistema convencional de construção de concreto armado. Além disso, foi constatado uma melhoria na qualidade da construção e motivada pelo controle científico do processo industrial.

A construção dos seis blocos foi iniciada, em 1962 e inaugurada em maio de 1963. O tempo de construção foi recorde e foi uma das vantagens na utilização do sistema de pré-fabricados no modelo *in situ*, isso colaborou para o giro do capital e na rentabilidade dos empreendimentos. Na Figura 38, ilustra-se uma propaganda da empresa Fichet Shawartz-Hautmont na Revista Acrópole na edição nº 303, de 1964, onde o periódico destaca o tempo recorde de montagem das fachadas do CRUSP, que levou cerca de 90 dias.



# RECORDE ABSOLUTO

Jogos Pan-Americanos. Festa de êxitos! A FICHET & SCHWARTZ HAUTMONT também alcançou o seu! E quer juntá-lo ao dos campeões. Executou em recorde absoluto de tempo as fachadas dos 6 edifícios da Vila Olímpica (Cidade Universitária) que abrigaram os atletas. Projetou, fabricou e montou em apenas 90 dias 5.100 janelas e portas; 2592 venezianas guilhotina, fabricadas em alumínio, perfazendo um total de 7.692 peças. De onde se conclue: a questão sendo de qualidade e tempo você pode confiar na

COMPANHIA BRASILEIRA DE CONSTRUÇÃO

## FICHET SCHWARTZ-HAUTMONT

Rua Barão de Itapetininga, 151 - 8. andar - S. Paulo

Figura 38 – Propaganda da Fichet Shawartz-Hautmont que destaca o recorde no tempo de montagem das esquadrias do CRUSP  
Fonte: ACRÓPOLE, 1964

Apesar das vantagens, o pioneirismo nesse tipo de construção teve alguns custos. Diretores da própria executora há época declararam que, a empresa não conseguiu resultados melhores devido ao consumo excessivo de aço e concreto acima do necessário e o baixo reaproveitamento das forma metálicas (VASCONCELLOS, 2016).

Outra obra que marca o pioneirismo da arquitetura racionalizada no Brasil dos anos de 1960 é o conjunto de edifícios da Refinaria Alberto Pasqualini (REFAP) (1962-1968), localizada em Canoas no Rio Grande do Sul e projetada pelos arquitetos Carlos Fayet, Cláudio Araújo, Moacyr Moojen Marques e Miguel Pereira.

A Equipe de Arquitetos<sup>6</sup> (EA) liderada por Fayet teve contato com a Petrobrás e a campanha “O petróleo é nosso” por intermédio do engenheiro José Carlos Wellausen, funcionário de alto escalão da estatal e responsável por selecionar os arquitetos que desenvolveriam o plano diretor e os projetos arquitetônicos do complexo da futura refinaria, que se estabeleceria em Canoas/RS (MARQUES, 2012).

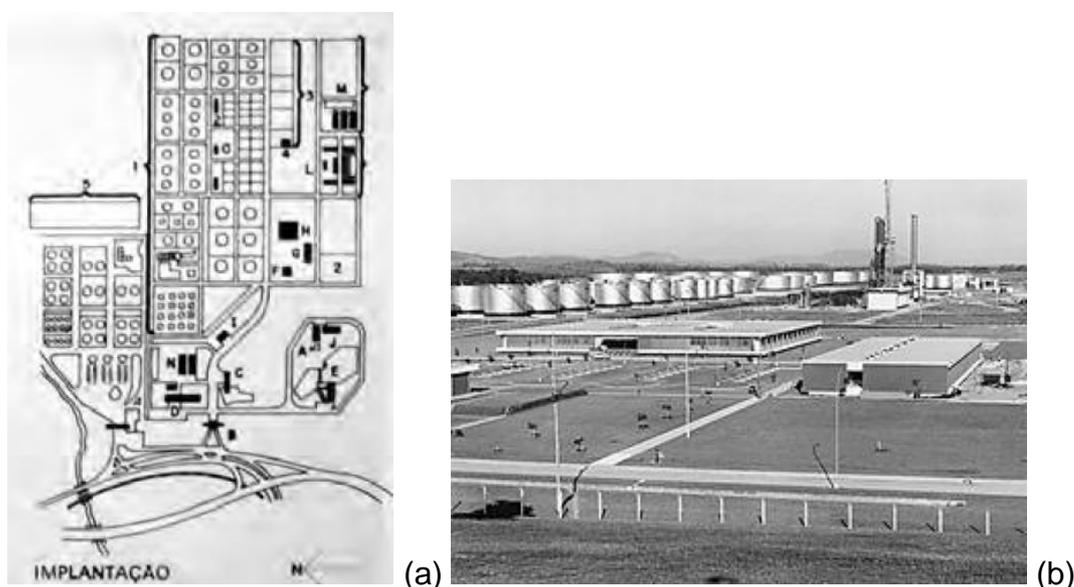


Figura 39 – (a) Implantação do complexo industrial da REAP (b) Vista geral das oficinas e refeitório

Fonte: MARQUES, 2012

---

<sup>6</sup> Denominação dada pela Petrobrás aos arquitetos Carlos Fayet, Cláudio Araújo, Moacyr Moojen Marques e Miguel Pereira, que posteriormente formaram uma entidade jurídica na sociedade de Fayet e Araújo, que desenvolveram projetos, como a Central de Abastecimento de Porto Alegre (Ceasa, 1969-1971). A Entidade foi extinta em 2007 com a morte de Carlos Fayet (MARQUES, 2012).

O projeto da refinaria consistiu na abstração da parte urbanística e uma busca pela unidade formal do conjunto arquitetônico. Os projetos de edificações foram divididos entre os membros da EA, na forma de rodízio, mas sempre alinhados a unidade pretendida, consistindo na adoção de uma arquitetura racionalizada, pavilhonar e horizontal. Dentre os edifícios que se destacam, valem ressaltar o refeitório, a portaria, as oficinas e os almoxarifados.



Figura 40 – (a) Portaria (b) Refeitório (c) Oficinas  
Fonte: MARQUES, 2012

Escolha pela construção em pré-moldado antecedeu na concepção arquitetônica e veio, como resposta ao anseio de pioneirismo dos próprios arquitetos e dos agentes promotores. Os primeiros pavilhões projetados foram os Almoxarifados e as Oficinas, com os elementos estruturais (vigas e pilares) moldadas no canteiro de obras e executados pela Construtora Mello Pereira, sendo a empresa vencedora da licitação (MARQUES, 2012).

A solução estrutural adotada nos pavilhões da REAP vai assemelhar-se aos galpões de serviços gerais projetados por Oscar Niemeyer e Lelé, com estruturas porticadas pré-moldadas e sistema de cobertura composto por um vigamento com espaçamento modular, chapas de alumínio zipadas na face superior e compensados naval no interior da edificação.

A lógica estrutural adotada considera vínculos articulados (encaixes, parafusos e apoios simples) entre as peças pré-moldadas, devido à falta de experiência tecnológica e à inexistência de vínculos monolíticos (insertes, soldas e concretagem *in loco* posterior), além de considerar a flexibilização para substituições ou adaptações futuras (MARQUES, 2012). Na Figura 41, ilustra-se o esquema de montagem dos sistemas pré-moldados nos pavilhões das oficinas, que virá a ser o protótipo e a referência tecnológica para a construção das demais edificações.

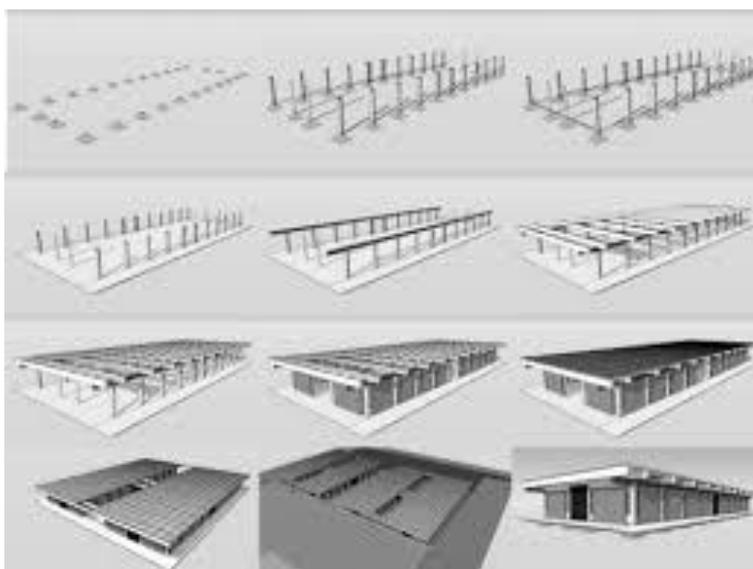


Figura 41 – Esquema de montagem das oficinas da REAP

Nota: sapatas, pilares, vigas principais e secundárias e terças pré-moldados

Fonte: MARQUES, 2012

As obras sequentes à construção das oficinas da REAP aperfeiçoaram outros componentes construtivos, como coberturas e vedações, além de contribuírem na evolução de alguns mecanismos de produção, transporte e montagem das peças.

Devido à complexidade e o largo programa colocaram o Brasil no mapa da Industrialização da construção do século XX, estas construções se destacam pelo uso pioneiro e sistêmico da tecnologia da pré-fabricação. As experiências com o CRUSP (1961-1963) e a REAP (1962-1968) ocorrem em paralelo à experiência com pré-moldados de 1962-1970, na Universidade de Brasília, tema do próximo capítulo.

Vale ressaltar que essas três experiências possuem ligações indiretas entre seus agentes promotores, especialmente entre os idealizadores, como é o caso de Eduardo Kneese, arquiteto que assinou o projeto do CRUSP (1961-1963), o mesmo trabalhou com Oscar Niemeyer na década de 1950, sendo um dos autores do Parque do Ibirapuera, além de integrar a equipe de arquitetos para a construção de Brasília, entre 1957 e 1960.

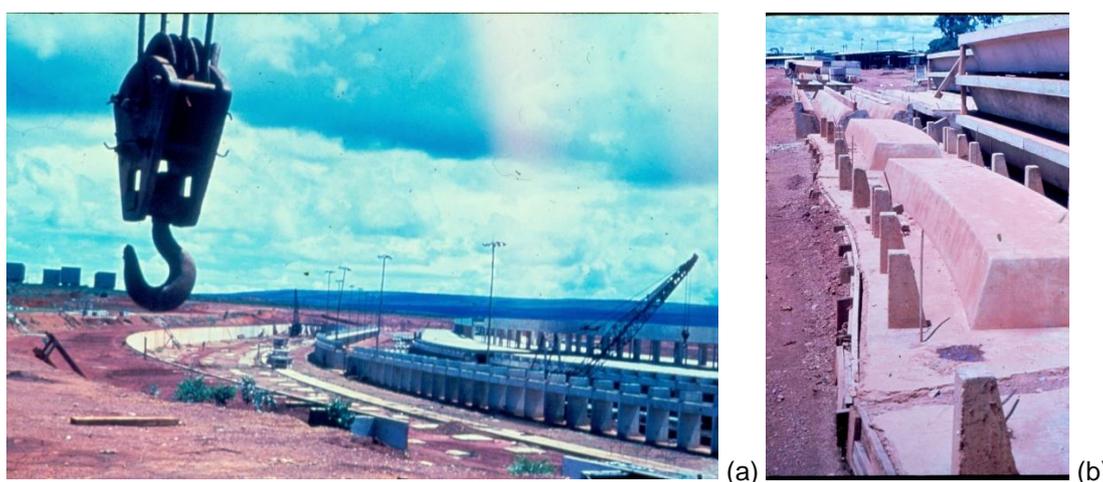


Figura 42 – Fotos de Eduardo Kneese na década de 1960: (a) Obras na Cidade Universitária – ICC (b) Formas de Pré-Fabricação  
Fonte: KNEESE, s/d

Segundo Vasconcelos (2016), o envolvimento de Kneese com as construções industrializadas ocorreu após uma visita que realizou à Inglaterra, em 1951, onde visitou uma fábrica de casas pré-fabricadas. O entusiasmo com a temática persiste na década de 1960, quando o próprio registra por meio de fotografias as obras em pré-moldados na Universidade, mais especificamente o Instituto Central de Ciências (ICC) (Figura 42) e os Blocos de Apartamentos da Colina (Figura 43). Posteriormente Kneese seguiu visitando e registrando as obras do *campus* Darcy Ribeiro e de Brasília.

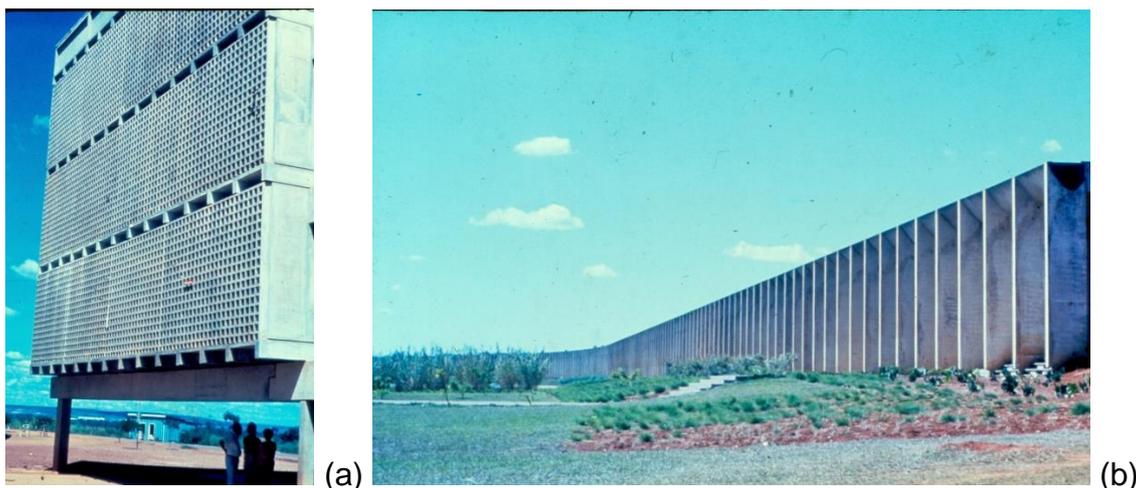


Figura 43 – Fotos de Eduardo Kneese na década de 1960: (a) Blocos de apartamento da Colina (b) ICC – Vista Externa  
Fonte: KNEESE, s/d

As experiências de Kneese com o CRUSP e de Fayet com a REAP são citadas por um dos primeiros formandos do curso de pós-graduação da UnB, que é o caso de Luiz Henrique Gomes Pessina e sua dissertação intitulada *Aspectos Gerais de Pré-fabricação: Estudos de Cronograma de Obra com Pré-fabricados*, de 1964, onde destaca as realizações paulistas e gaúchas, como importantes experiências no campo da pré-fabricação.

A década de 1960 foi um grande passo para o início da construção racionalizada, mas sempre motivada pelos profissionais da construção, especialmente entre os arquitetos influenciados pela corrente Modernista que via na construção industrializada uma oportunidade de atender as principais demandas construtivas das cidades. Após a Inauguração de Brasília muitas empresas de engenharia envolvidas no processo de construção da Nova Capital, aproveitaram a oportunidade e se estabeleceram na cidade e passaram a fabricar elementos pré-moldados de concreto, como a Cinasa (Construção Industrializada Nacional S.A) (KOURY, 2007).

Após o Golpe Militar (1964), foi criado, dois anos depois, o Banco Nacional da Habitação (BNH). A instituição visava a centralização das operações financeiras do Plano Nacional de Habitação. Segundo Azul e Pisani (2018). A partir da criação do BNH o rumo da construção civil estava em pauta, devido à série de discussões políticas e ideológicas, onde vários profissionais da construção defendiam o uso da pré-fabricação por conta das qualidades que



Penteado, Vilanova Artigas e Paulo Mendes da Rocha, em 1967. Segundo Cerávolo (2007), o projeto original do Conjunto Zezinho Magalhães Prado não foi executado e o processo de licitação optaram pelos orçamentos mais baratos que, naquele momento não previam a pré-fabricação. Apesar de ter sido projetado em 1967, o conjunto só foi inaugurado em 1981.



Figura 45 – Foto aérea do Conjunto Habitacional Zezinho Magalhães Prado  
Fonte: NEGRELOS, 2014

Os anos de 1970 foram um período de intensificação do uso do pré-fabricado, devido tanto à flexibilização e mudança de postura por parte do BNH quanto com à entrada de diversas multinacionais no país, que demandavam agilidade na conclusão das obras. Devido à Crise do Petróleo de 1979 e o cenário de recessão econômica, levaram ao fim das atividades do BNH em 1986, onde suas atribuições foram transferidas para a Caixa Econômica Federal (AZUL e PISANI, 2018).

Nos anos de 1980, os arquitetos Lelé e Oscar Niemeyer voltam a se destacar com o uso da pré-fabricação em obras de caráter social, o primeiro desenvolveu toda uma trajetória profissional direcionada para a construção industrializada, após a experiência da UnB, onde a construção do Hospital da

Rede SARAH (Figura 46) em 1980 e a descoberta da argamassa armada vão evidenciar trajetória na carreira do arquiteto.



Figura 46 – Hospital Sarah  
Fonte: FRANÇA, 2014

A experiência da argamassa armada na Fábrica de Abadiânia (Figura 47), em 1984 foi de extrema importância sob o ponto de vista técnico, principalmente por avaliar o potencial do material na produção de elementos construtivos mais sofisticados. A pesquisa desenvolvida entorno deste experimento viabilizou pouco tempo depois a Fábrica de Escolas e Equipamentos Urbanos do Rio de Janeiro, sendo responsável pela a construção de mais de duzentas escolas (LATORRACA, 1999).

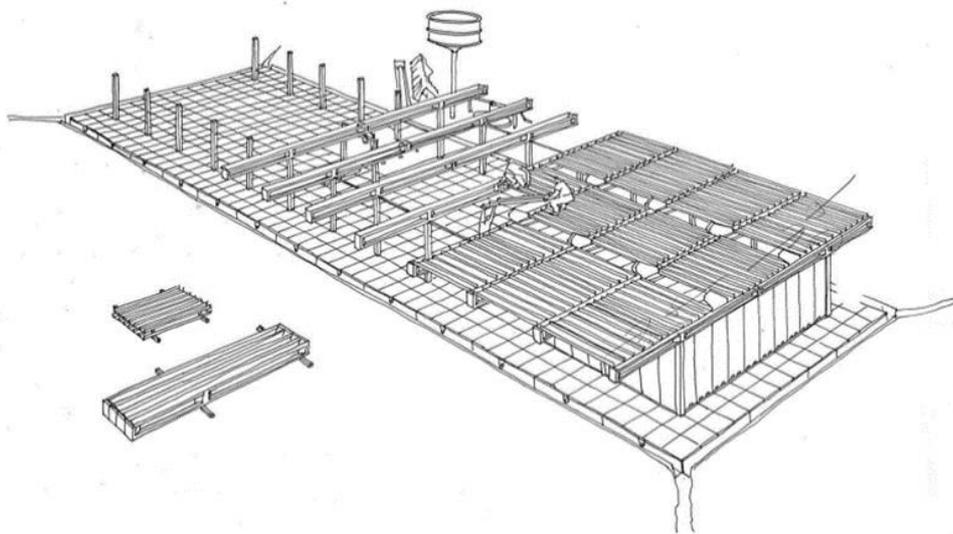


Figura 47 – Escol transitória de Abadiânia – GO  
Fonte: NEGRELOS, 2014

A Fábrica de Escolas e Equipamentos Urbanos do Rio de Janeiro viabilizou os projetos dos CIEPs (Centros Integrados de Educação Primária), também conhecidos como Brisolões, entre os anos de 1984 e 1986 (LATORRACA, 1999). Estas experiências reeditam uma parceria iniciada na construção da Universidade de Brasília, onde Lelé desenvolve os componentes construtivos com a participação de Oscar Niemeyer no desenvolvimento do projeto piloto (Figura 48), além de Darcy Ribeiro como Secretário de Educação do Governo Brizola e representante público na promoção dos projetos.



Figura 48 – CIEP desenvolvido por Oscar Niemeyer  
Fonte: Fundação Oscar Niemeyer. Acessada em 09 de fevereiro, 2020 em:  
<http://www.niemeyer.org.br/obra/pro192>

Segundo Azul e Pisani (2018), foram implantadas mais de 500 unidades do CIEP's no estado do Rio de Janeiro. O modelo ainda serviu de base para uma versão de escala federal, os CIACS (Centros Integrados de Atendimento à Criança) que visavam construir mais de 5000 mil escolas no país.

Apesar das experiências supracitadas neste capítulo, as décadas de 1960 até o começo dos anos de 1980, representaram uma fase de experimentação e de estímulo, do uso da pré-fabricação como instrumento de desenvolvimento da construção e de diversas políticas habitacionais. Somente no ano de 1985 que, entrou em vigência a NBR 9062, onde estabeleceu diretrizes para elaboração de projetos e construção de estruturas de concreto pré-moldadas, além de estabelecer a distinção entre os conceitos de “pré-moldado” e “pré-fabricado”. Vale ressaltar, o papel da Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto (ABCIC) – supracitada no primeiro capítulo desta pesquisa – na participação de comitês técnicos que, balizaram e viabilizaram a construção industrializada no Brasil,

De maneira geral, o século XX apresentou uma grande evolução na tecnologia dos pré-fabricados em concreto e da construção industrializada, mas na maioria das vezes estimulada e proposta pelos profissionais do campo da construção (arquitetos e engenheiros), com baixa adesão do poder político, mas vale ressaltar, a década dos anos de 1990, sendo caracterizada pela retomada do uso do pré-fabricado em concreto, como a aplicação em diversas escalas da construção.

Dentre as experiências com a arquitetura industrializada, os anos de 1960 se destacam pela busca de uma produção sistemática, como as experiências pioneiras do CRUSP (1961-1963), REAP (1962-1968) e “A Primeira Experiência com Pré-moldado” (1962-1970). O caso da UnB que será apresentado no próximo capítulo representou um grande marco para a história da construção, com o uso pioneiro da pré-fabricação, em um contexto de grande precariedade da indústria, mas que contou com esforços de vários agentes, que transformaram essa experiência em algo singular e relevante para a história da construção.

### 3. Primeira Experiência com Pré-moldados na UnB

---

#### 3.1 Fundação da UnB

A Universidade de Brasília 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 Ribeiro<sup>7</sup> definiu as bases da instituição; o educador e membro do Conselho Nacional de Educação, Anísio Teixeira<sup>8</sup> 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*.

A Figura 49 ilustra o discurso de Anísio Teixeira no Auditório Dois Candangos que, em seu nome homenageia os pedreiros Expedito Xavier Gomes e Gedelmar Marques, ambos vieram a falecer durante um soterramento nas obras da edificação.



Figura 49 – Anísio Teixeira discursa na inauguração da UnB, em 1962, no Auditório Dois Candangos

Fonte: Cedoc-Arquivo Central UnB

---

<sup>7</sup> Darcy Ribeiro foi Ministro da Educação 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

<sup>8</sup> Anísio Teixeira foi Diretor do Instituto Nacional de Estudos Pedagógicos entre 1952-1964 e Reitor da Universidade de Brasília entre 1963-1964

Os idealizadores da Universidade desejaram criar uma experiência educadora-inovadora, que unisse o que havia de mais novo naquele período, se tratando de pesquisas tecnológicas e produção acadêmica capazes de transformar a realidade brasileira. A autonomia foi um dos pilares de sua estrutura administrativa e financeira, que para os anos de 1960 era revolucionário. Segundo Ribeiro (1978) a UnB foi organizada como uma Fundação, a fim de libertá-la da opressão que o burocratismo ministerial exerce sobre as universidades federais. Ela deveria reger a si própria, livre e responsabilmente, não como uma empresa, mas como um serviço público e autônomo.

O caminho tomado pelos idealizadores da universidade exigiu esforços de caráter político, impactando diretamente na sua implantação física na Nova Capital. Apesar do projeto de Lucio Costa prever o espaço destinado à UnB, houve grande resistência por parte de diversas autoridades, estas, criticavam a proximidade com a Esplanada dos Ministérios, sob a justificativa de que os estudantes “não deveriam interferir na vida política”, mas em 15 de dezembro de 1961, o presidente da República João Goulart sanciona a Lei 3.998, autorizando a criação da universidade.

O Plano Orientador desenvolvido no ano de 1962 (Figura 50) foi a primeira publicação editorial da universidade, e tinha o intuito de definir as bases gerais da instituição, incluindo as diretrizes para sua inserção física. Este documento, com moldes de Carta Magna, representa, em suas entrelinhas e para todas as áreas do conhecimento, o entusiasmo e espírito de inovação da época, que buscou reformular a educação superior no Brasil.

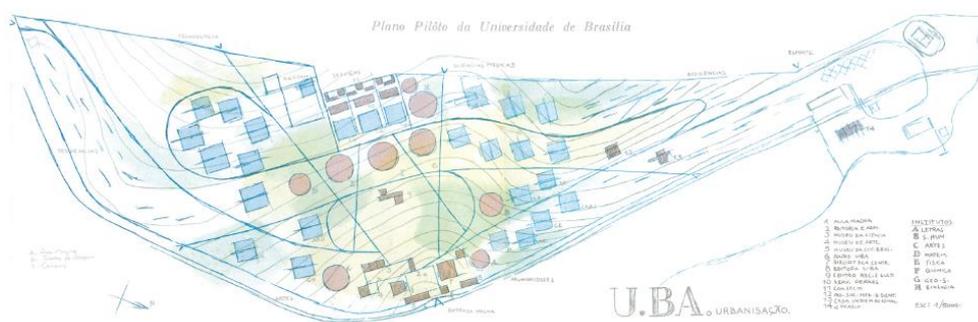


Figura 50 – Plano Piloto da Universidade de Brasília.  
 Fonte: Plano Orientador, 1962

Nas condições presentes, só uma universidade nova, inteiramente planejada, estruturada em bases mais flexíveis, poderá abrir perspectivas de pronta renovação do nosso ensino superior. (Plano Orientador da UnB. 1962. s/p).

No âmbito da implantação física do *campus*. O Conselho Diretor da Universidade, criou o Centro de Planejamento, atual Centro Oscar Niemeyer (CEPLAN), órgão responsável pelo assessoramento da reitoria. À época, estava sob a coordenação do arquiteto Oscar Niemeyer e sua secretaria executiva a comando de João Filgueiras Lima (Lelé), agentes importantes na concepção e construção das novas edificações que dariam forma aos ideais da universidade.

Dentre os demais arquitetos que compunham a equipe coordenada por Niemeyer, estavam: Alcides da Rocha Miranda, João Filgueiras Lima (Lelé), Glauco Campelo, Ítalo Campofiorito, Carlos Machado Bittencout, Virgílio Sosa, Abel Carnaúba, Oscar Kneipp, Evandro Pinto, entre outros (ALBERTO, 2009). Parte desse corpo técnico está ilustrado na Figura 51. Vale ressaltar que Lúcio Costa e Joaquin Cardozo eram consultores do CEPLAN.



Figura 51 – Membros do corpo técnico do CEPLAN. Da esquerda para a direita: Virgílio Ernesto Souza Gomes, Luiz Henrique Gomes Pessina, Lelé, Carlos Bittencourt e Oscar Borges Kneipp. Brasília, 1964.  
Fonte: VILELA, 2019

Sobre o papel do CEPLAN dentro da UnB no contexto dos anos de 1960, Lelé faz um breve resumo em entrevista com Roberto Pinho, apresentada

na primeira parte do livro “*João Filgueiras Limas Lelé*” organizado por Giancarlo Latorraca com a coordenação editorial de Marcelo Carvalho Ferraz.

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. (LATORRACA, 1999, p. 19)

As demandas projetuais e construtivas para concepção da UnB exigiram esforços e tiveram vários personagens. A criação do CEPLAN como órgão assessor do reitor Darcy Ribeiro possibilitou a transmissão dos ideais da Universidade, mas que tinha como desafio, a materialização de um grande escopo formado por edifícios e tipologias de diversas escalas, além de um prazo curto para as idealizações.

### 3.2 As Primeiras Construções

As primeiras construções datam de 1961 e 1962, com o projeto da OCA I e OCA II (Figura 52), projetadas pelo arquiteto Sérgio Rodrigues. A principal função destas edificações era abrigar os profissionais (professores, funcionários e estudantes) que estavam trabalhando na construção da Universidade.



Figura 52 - Visita do embaixador da França à Universidade de Brasília (UnB). Ao fundo aparece a fachada da OCA

Fonte: Universidade de Brasília. Arquivo Central. AtoM UnB. Acessada em 09 de fevereiro, 2020 em: <https://atom.unb.br/index.php/00269-06>.

Os edifícios da OCA foram construídos em um sistema de pré-moldados em madeira, em um sistema chamado SR2, que é uma criação do próprio arquiteto que desenvolveu o projeto.

Os elementos que compõem os pavilhões da OCA consistem em empenas em alvenaria, 12 módulos de 4,00 m de vão, piso de tabua corrida, cobertura com telhas de zinco e esquadrias com venezianas em chapa dobrada. As vedações consistem em divisórias com duas folhas de compensado de 4 mm ligadas por tarugos de madeira com enchimento. As vigas e os pilares, compostos por peças duplas e paralelas de 8 x 21 cm de seção, formavam estruturas biapoiadas e parafusadas, semelhantes a pórticos travados entre si apenas pelo barroteamento que sustentava o piso do pavimento superior (CAVALCANTE, 2015, p. 103).



Figura 53 – Foto aérea das obras do conjunto do arquitetônico da Faculdade de Educação  
Fonte: CAVALCANTE, 2015

Outro conjunto arquitetônico que marca essa fase antecedente às primeiras experiências com os sistemas de pré-moldados em concreto armado, são os edifícios que compõem a Faculdade de Educação (FE) (Figura 53), que são de autoria dos arquitetos Alcides Áquila da Rocha Miranda e Luiz Humberto Miranda Martins. Áquila também desenvolveu a proposta original do projeto

paisagístico do conjunto e Miranda, os painéis em azulejo que marcam a composição dos edifícios.

O conjunto é formado por três edificações, o FE 1 (Figura 54), FE 3 e FE 5, com áreas girando entorno de 2.500m<sup>2</sup>. O primeiro (FE 1), é o mais imponente e se caracteriza pelo grande avarandado que circunda toda a edificação. O segundo (FE 3), conta com dois pavimentos, sendo um semienterrado e abriga a administração. O terceiro (FE 5), abriga salas multiuso e laboratórios, além do auditório Dois Candangos (Figura 55), onde foi inaugurada a Universidade de Brasília (CAVALCANTE, 2015, p. 109).



Figura 54 – FE 1. Faculdade de Educação

Fonte: Universidade de Brasília. Faculdade de Educação Acessada em 09 de fevereiro, 2020 em: <http://www.fe.unb.br/>



Figura 55 – Auditório Dois Candangos no FE 5

Fonte: Universidade de Brasília. Faculdade de Educação. Acessada em 09 de fevereiro, 2020 em: <http://www.fe.unb.br/>

Vale ressaltar que este conjunto contém um dos primeiros edifícios permanentes da Universidade e os blocos, na época, abrigaram boa parte das atividades administrativas. A construção do FE 5, por exemplo, até o ano de 1975 abrigou a reitoria do *campus*.

Até abril de 1962, justamente no período de sua inauguração, a UnB contava com poucas construções e com um extenso cronograma de obras. O conjunto arquitetônico da FE foi fundamental para abertura das portas da nova universidade e o início das atividades acadêmicas. Já o conjunto de pavilhões de madeira da OCA prestavam suporte comunitário e administrativo para funcionários, professores e alunos; além disso, o traçado regulador em que foram construídos, ou seja, com princípios racionais, modulares, e de rápida construção, evidenciam o caminho tomado para as futuras edificações da Universidade.

Portanto, o caráter de urgência demandado pela construção da UnB vai de encontro à experimentação no campo da arquitetura industrializada. As experiências se desenrolam a partir de eventos ocorridos na década de 1950, sendo abordados no próximo tópico.

### **3.3 Antecedentes à Experiência com Pré-moldado na UnB**

A viabilidade das experiências com pré-moldado na UnB ocorre a partir de acontecimentos antecedentes ao próprio início da construção de Brasília. Na década de 1950, inicia-se, no Brasil, um debate que visava o desenvolvimento da industrialização da construção, onde Niemeyer com uma carreira consolidada, exerce papel fundamental nesse intercâmbio tecnológico com os países que estavam se reconstruindo no Pós-Guerra e no desenvolvimento de periódicos e editorias, que vão pôr a temática em pauta nos rumos da arquitetura brasileira.

A racionalização e o desenvolvimento de uma arquitetura modular, que coloca em destaque os sistemas de estruturas vai nortear a estética da arquitetura industrializada no século XX, por uma questão de simplificação. Na obra de Niemeyer, a partir dos anos de 1950 não foi diferente. Segundo Vilela (2019), obras, como: Teatros para o Ministério da Educação no Rio de Janeiro

(1948), Fábrica Duchen em Guarulhos (1950) Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) em São Carlos (1950) e o Clube de Belo Horizonte (1962) destacam a estrutura na concepção projetual e marcam uma nova fase na obra de Oscar Niemeyer.

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. (UNDERWOOD, 2005, p. 95)

Na Figura 56, ilustra-se a Fábrica Duchen e o Laboratório de Estruturas do ITA, que são edifícios com sistema de pórticos e espaçados de forma modular. Os edifícios possuem uma tipologia de uso e formal, de caráter industrial e pavilhonar.

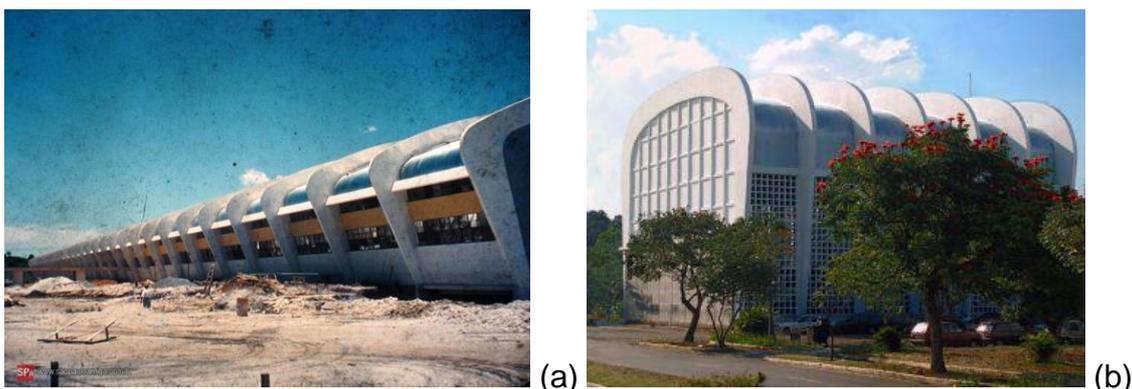


Figura 56 – (a) Fábrica Duchen (b) Laboratório de estruturas do ITA

Fonte: (a): Kneese. E. Acessada em 13 de fevereiro de 2020:

<http://www.saopauloantiga.com.br/wp-content/uploads/2010/11/duchen.jpg> (b): ITA. Acessada em 13 de fevereiro, 2020 em: <http://www.ita.br/labs/laboratriodeestruturas>

No ano de 1954, Nikita Krushev, palestrante da Conferência Nacional para Construtores e Arquitetos da URSS. A convenção trouxe como pauta, a crítica ao decorativismo da arquitetura realista socialista, enquanto defendia o aumento da qualidade e a redução dos custos das obras de arquitetura. Segundo ele, isso só seria possível a partir de uma organização e da “completa industrialização desse campo”. O discurso de Krushev foi transcrito

e publicado na revista Fundamentos<sup>9</sup> (Figura 57), um editorial vinculado ao Partido Comunista Brasileiro (PCB) e que tinha como diretor, o arquiteto Vilanova Artigas. Niemeyer, em ocasião anterior, havia participado do Conselho de Redação da revista, além de ter viajado para a URSS, Polônia, RDA e Tchecoslováquia, no mesmo ano da conferência (VASCONCELLOS, 2019).

**fundamentos** N.º 39  
ANO VII - NOVEMBRO - 1955

**CONSELHO DE REDAÇÃO**  
Afonso Schmidt  
Alfredo G. Galiano  
Alvaro de Faria  
Aparício Torelly  
Artur Neves  
Astrojildo Pereira  
Bráulio Pedrossi  
Claudio Santoro  
Celo Prado Junior  
Clovis Graciano  
Clovis Moura  
Edson Carneiro  
Eduardo Sacupira Filho  
Eunice Catunda  
Fernando Henrique Cardoso  
Fernando Pelegrini  
Fernando Segismundo  
Geraldo Santos Pereira  
Gilberto de Andrade e Silva  
Gonçalves Machado  
José Eduardo Fernandes  
José Menezes Campos  
Jolo Belline Burza  
Luiz Eajólas Ventura  
Léo Ribeiro de Moraes  
Mário Schemberg  
Mosey Wierneck de Castro  
Omar Catunda  
Paulo Pedro Dantas  
Rivadavia Mendonça  
Renaú Santos Pereira  
Rossine Camargo Guarnieri  
Samuel Barasley Pessoa  
Vilanova Artigas  
Walter Sampaio

**DIRETOR**  
Vilanova Artigas

**REDATOR CHEFE**  
Afonso Schmidt

FUNDAMENTOS não se responsabiliza pelos conceitos emitidos em trabalhos assinados. Não devolve originais.

**REDAÇÃO E ADMINISTRAÇÃO**  
Largo do Arco, 49 - s. 21  
São Paulo - BRASIL.

**INDICE**

Editorial ..... 1

Os monopólios estrangeiros e os grupos econômicos nacionais  
Matias Dias da Silva ..... 3

«Rio 40.» e a defesa do Cinema Nacional  
Luiz Gazzaneo ..... 5

Trilogia de Jorge Amado  
Ilya Ehrenburg ..... 11

O cinema e os sindicatos operários no Japão  
Mamoru Miyao ..... 16

Adam Mickiewicz  
Nathalia Voinov ..... 19

Dois poetas do mundo  
Antiquista Dias de Moraes ..... 31

Xadrez  
Klaus Ulrich Hellbrunn ..... 63

No 35.º Aniversário do «Quixote»  
Artur Neves ..... 70

Alguma poesia  
Alfredo Guilherme Galliano ..... 79

Rumos da Arquitetura Soviética  
N. Krustchov ..... 84

A uma criança da Rua Teresinha Almeida ..... 95

Notas científicas ..... 96

Panorama Teatral  
Yeda Silva ..... 100

Livros e Revistas ..... 104

Fundamentos do leitor ..... 110

**nossa capa**  
D. QUIXOTE, desenho de Mario Gruber Correia

Figura 57 – Revista Fundamentos, ano vii, nº 39. São Paulo de 1955.  
Fonte: KRUSCHEV, 1955

Vale ressaltar que Nikita Krushev (ou Nikita Serguêievitch Khrushchov) foi citado no capítulo anterior, sendo uma figura importantíssima do desenvolvimento de uma política habitacional voltada para a construção industrializada, no papel de Secretário Geral do Partido Comunista da União Soviética (PCUS), entre os anos de 1953 e 1964.

Ainda no ano de 1954, na parte ocidental de Berlim, juntamente com outros 15 arquitetos de renome internacional, Niemeyer é convidado a participar do projeto de um conjunto de edifícios para o bairro Hansa (Figura 58), como parte do programa de reconstrução da cidade. Nesta ocasião, o arquiteto entrou em contato com a problemática da habitação, que girava entorno do Pós-Guerra,

<sup>9</sup> KRASCHEV. N. Rumos da arquitetura soviética. Revista Fundamentos, ano vii, nº 39. São Paulo de 1955.

em um contexto de grande aplicação de sistemas industriais de produção em massa no campo da construção.

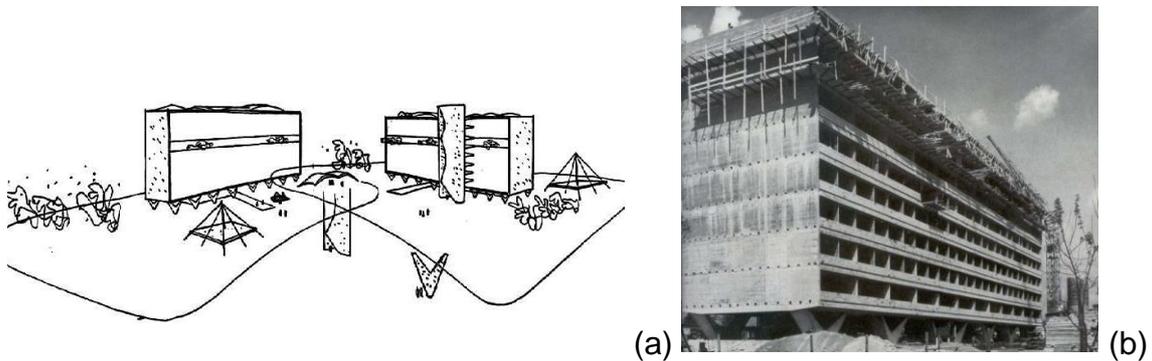


Figura 58 – (a) Croqui dos blocos para o Bairro de Hansa (b) Construção dos blocos residenciais.

Fonte: (a) Niemeyer. Acessada em 13 de fevereiro de 2020:

<http://oscarniemeyer.org.br/obra/pro069> (b) Castellano. Acessada em 13 de fevereiro de 2020: <http://www.bibliotecadigital.puc-campinas.edu.br/>

Oscar Niemeyer também teve contato com pré-moldado nas fases de projeto e desenvolvimento dos edifícios para o bairro alemão, além de visitar fábricas em países do bloco oriental, como ilustrado na Figura 59.

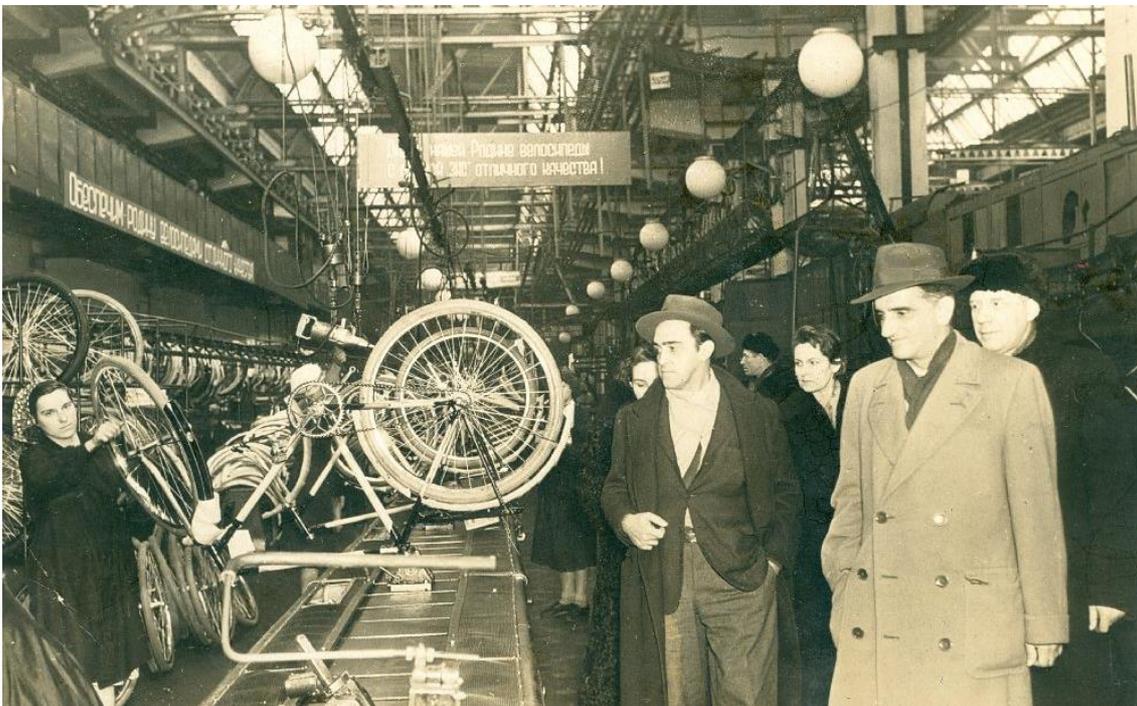


Figura 59 – Visita de Niemeyer e Walter Garcia Lopes em fábrica de bicicletas em Moscou em 1954

Fonte: Fundação Oscar Niemeyer. Acessada em 13 de fevereiro de 2020:

<http://oscarniemeyer.org.br/obra/pro069>

No ano de 1958, já com as obras de Brasília iniciadas, Oscar Niemeyer publica um dos seus manifestos mais fluentes na primeira fase da

revista *Módulo*<sup>10</sup> (Figura 60), intitulado de *Depoimentos*, onde anunciava procedimentos projetuais que pretendia adotar, além de fazer uma autocrítica. No texto, declarava que buscava “uma simplificação da forma plástica e o seu equilíbrio com problemas funcionais e construtivos”. No mesmo ano, Artigas elogia o manifesto de Niemeyer, por meio da Revista *Acrópole*<sup>11</sup> do mesmo ano (VASCONCELLOS, 2019).



Figura 60 – Capa da Revista *Módulo*, nº 9 de 1958  
Fonte: Levy Leiloeiro. Acessada em 13 de fevereiro de 2020:  
<https://www.levyleiloeiro.com.br/peca.asp?ID=283749>

O debate em torno da industrialização da construção, na década de 1950, coincide com a construção da Nova Capital e terá dentro da própria UnB a aplicação prática de conceitos que foram buscados em uma Europa que estava se reconstruindo com a tecnologia de produção em massa de elementos construtivos.

Outro arquiteto que teve a oportunidade de vivenciar as experiências com arquitetura industrializada no leste europeu foi Lelé, em 1962, enquanto ocupava o cargo de Secretário Executivo do CEPLAN, sob a coordenação de Niemeyer. Segundo a entrevista com Roberto Pinho transcrita por Latorraca (1999), Lelé expõe como a pré-fabricação entrou na sua trajetória profissional e fez parte da construção da universidade:

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

---

10 *Módulo*, número 9, Rio de Janeiro fevereiro de 1958.  
11 *Acrópole* 257, São Paulo, julho de 1958.

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. (LATORRACA. 1999. p. 19).

Em 1963, após a ida de Lelé e Sabino Barroso para o leste europeu, Niemeyer retorna ao continente, em 1963, mais especificamente a Moscou, para ser agraciado com o Prêmio Lênin da Paz (Figura 61), prêmio em que reconhecia indivíduos que haviam trabalhado pelo fortalecimento da paz entre os povos. O escritor Jorge Amado (1951) e a militante Elisa Branco (1952) foram outros brasileiros agraciados pelo mesmo prêmio.



Figura 61 – Em solenidade na UnB Niemeyer recebe o Prêmio Lênin da Paz. Ao microfone o representante do Soviete Supremo da URSS

Fonte: Niemeyer. Acessada em 13 de fevereiro de 2020:  
<http://oscarniemeyer.org.br/obra/pro069>

A produção arquitetônica de Niemeyer da década de 1950, junto com a vivência nos países do leste europeu, a temática da arquitetura industrializada nos editoriais brasileiros e o sentido de urgência da construção de Brasília, são

fatores que colaboraram para o desenvolvimento das primeiras construções em pré-moldados nos canteiros de obras da Nova Capital, especialmente na UnB, sendo o embrião das primeiras experiências.

### 3.4 As Experiências com Pré-moldado na UnB

No ano de 1962, Oscar Niemeyer, desenvolve duas alternativas para a solução do problema da habitação em Brasília, utilizando o sistema de pré-moldados. A primeira alternativa vem de uma demanda solicitada pelo então Prefeito de Brasília, José Sette Câmara Filho<sup>12</sup>, que convocou a equipe do arquiteto para desenvolver estudos que sanassem a questão habitacional na Nova Capital (VASCONCELLOS, 2019).

A proposta 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 50m<sup>2</sup>, totalizando 14 unidades por andar. O estudo intitulado de “Habitações Pré-fabricadas em Brasília” foi publicado na Revista Módulo (Figura 62) de 1962, apresentando um croqui com a disposição das lajes e uma maquete.



Figura 62 – Capa da Revista Módulo, nº 27 de 1962  
Fonte: Levy Leiloeiro. Acessada em 13 de fevereiro de 2020:  
<https://www.levyleiloeiro.com.br/catalogo.asp?Num=711&Srt=11&pag=10>

<sup>12</sup> 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.

Na Figura 63, mostram-se os croquis e a maquete para o estudo de Habitações Pré-fabricadas para Brasília, publicado na edição nº27 da Revista Módulo em 1962.

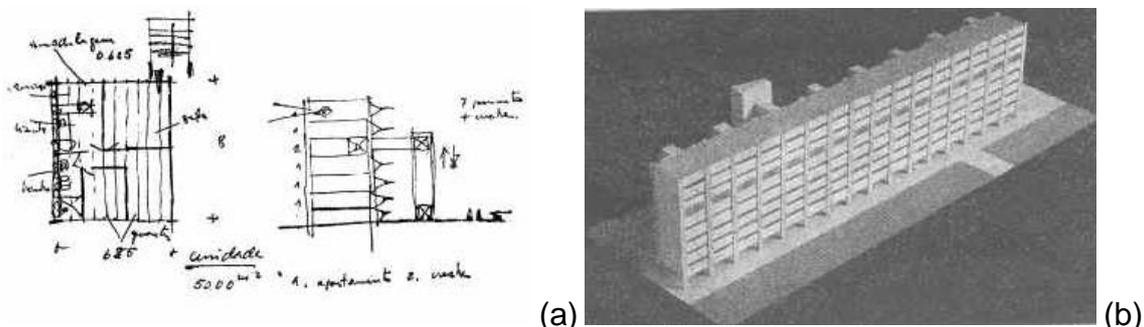


Figura 63 – Habitações Pré-fabricadas para Brasília (a) Croquis de estudo (b) Maquete física.  
Fonte: Niemeyer. Acessada em 13 de fevereiro de 2020:  
<http://www.niemeyer.org.br/obra/pro497>

### Protótipo (1962)

A outra proposta de Niemeyer no campo da habitação baseada no sistema de pré-moldados, foi o Protótipo (Figura 64), em 1962. O projeto foi desenvolvido em parceria com Lelé, além de ser o primeiro estudo após a criação do CEPLAN.

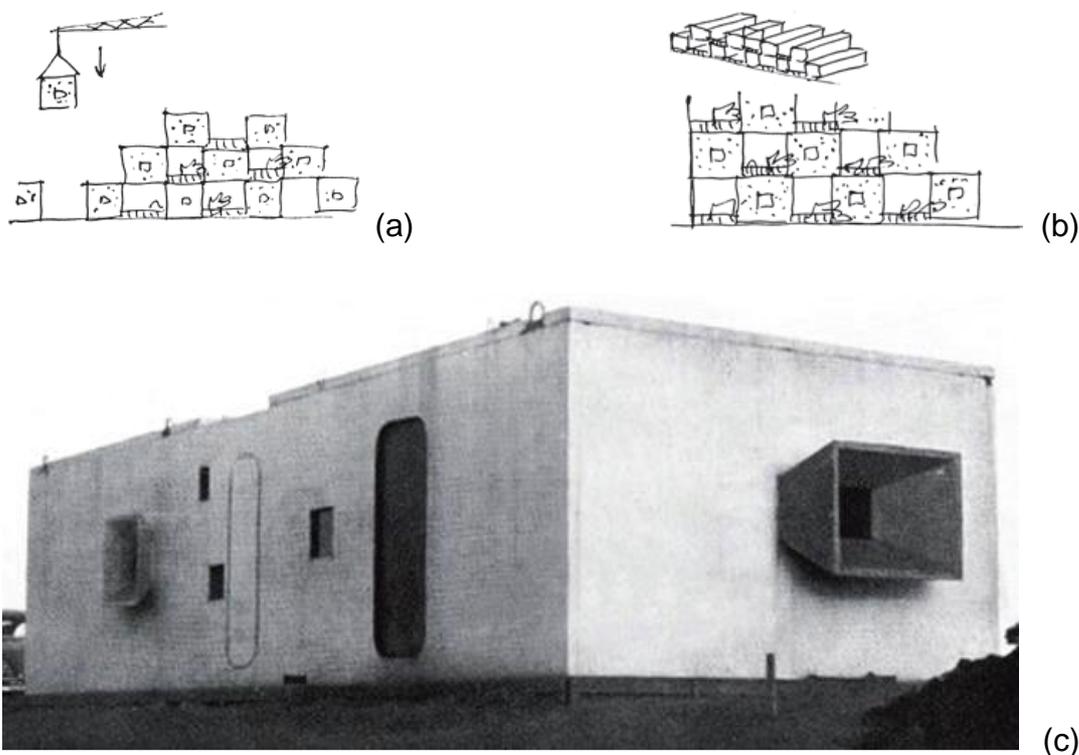


Figura 64 – (a) e (b) Croqui de Estudo de içamento das unidades (c) Unidade construída em 1962  
Fonte: ACRÓPOLE, 1970

Segundo as informações do memorial do projeto, as unidades seriam localizadas próximas às residências dos professores (provavelmente Colina Velha). Cada uma teria área de 45m<sup>2</sup> e peso de 42 toneladas, o que tornaria o transporte dessas unidades bastante complexo (VASCONCELLOS, 2019).

O Protótipo tinha como objetivo sanar o problema da habitação para os estudantes no *campus* da UnB. As unidades poderiam ser coletivas ou individuais, além de ser implantadas (empilhadas) em até quatro pavimentos. Há, atualmente, apenas um único protótipo construído, pois as unidades seriam construídas em uma usina de pré-fabricação que, apesar do forte impulso e planejamento inicial, não se tornou realidade (SCHLEE, 2014).

Dentre as dificuldades de execução, pode-se cogitar a interferência política provocada pela instauração do Golpe Militar de 1964, que impediu a execução da Usina de Pré-fabricados. A fábrica seria construída para fabricação das unidades habitacionais, além de limitadores tecnológicos para içamento dos módulos de 42 toneladas. Atualmente, o único módulo construído encontra-se nas proximidades do ICC e funciona como uma barbearia.

### **Conjunto arquitetônico dos Serviços Gerais (1962-1963)**

Apesar do Protótipo ter sido a primeira experiência com pré-moldado na UnB, o projeto não foi levado adiante e nem produzida em série. Somente com a criação do CEPLAN em maio de 1962 e com a construção do conjunto de edificações de Serviços Gerais, em 1963, que as primeiras experiências começam a sair do papel.

A reportagem da Revista Módulo n° 32, em 1963, vai destacar a criação do CEPLAN como um órgão que tinha como finalidade “fixar a arquitetura da Universidade”, orientando e conduzindo os cursos da Faculdade de Arquitetura, dentro de uma “ação atualizada e uniforme”. A pré-fabricação foi, desde o início, a base construtiva dos projetos elaborados pelas equipes do CEPLAN. Visando rapidez e economia, pretendia-se implantar um novo ritmo de construção na Nova Capital. Dentro dessas características, Lelé foi chamado por Niemeyer para integrar a equipe de professores como coordenador do curso de

pós-graduação, secretário executivo do Centro de Planejamento e responsável pelo curso de técnica da construção (VASCONCELLOS, 2016).

Com a atribuição de coordenador na gestão do CEPLAN, Oscar Niemeyer passou a ficar mais tempo em Brasília, mas, naquela época, o arquiteto tinha diversos compromissos e obras no exterior, que o ocupavam concomitantemente às obras da UnB. Em entrevista com Lelé conduzida por Cavalcante (2015), o mesmo relata como foi o processo de projeto do CEPLAN durante esse período de ausência de Niemeyer.

[...] na véspera do Oscar ir embora ele delineou aquele projetinho, o espaço do CEPLAN. Ele viajou e disse: “seja o que Deus quiser”. Nesse ínterim o Darcy pressionou e o Oscar, que já tinha estudado aquela questão, disse ‘vamos fazer em pré-moldado’. As primeiras peças do CEPLAN foram desenhadas, ele viajou e o Darcy, na mesma hora, disse: ‘nós temos que fazer não é só o CEPLAN, temos que fazer o prédio para a Música, o ICA e mais um auditório’. E aí surgiu aquele conjunto [...] quando o Oscar viajou, só tinha designado para o Ceplan eu, como secretário executivo; o Glauco Campelo; o Abel Carnauba; o Italo (Campofiorito); o Virgílio Ernesto Souza, um arquiteto panamenho que já estava atuando conosco no DUA; e o Jaime Zettel, ligado ao Dr. Lucio Costa, que faria a parte de urbanismo. Então, houve um deslocamento do DUA, do Bloco 1 do Ministerio da Educação, mas nos só fomos para a Universidade quando o Oscar voltou (CAVALCANTE, 2015, p. 87)

Portanto, na busca de atender o cronograma de obras UnB, Niemeyer e Lelé vão buscar a simplificação do projeto arquitetônico e a aplicação de elementos pré-fabricados para materializar de maneira mais eficiente, o conjunto arquitetônico dos Serviços Gerais (Figura 65), que é composto por cinco edificações, com usos e proporções distintas, sendo:

- SG 1 – antigo Instituto Central de Artes (ICA), atual Instituto de Artes (IdA). Área de 2.677 m<sup>2</sup>;
- SG 2 – Departamento de Música. Área de 993 m<sup>2</sup>;
- SG 4 – Antiga Faculdade de Arquitetura (FAU), hoje faz parte do Departamento de Música. Área de 879 m<sup>2</sup>;

- SG 8 – Auditório de Música. Área de 254 m<sup>2</sup>;
- SG 10 – CEPLAN (Figura 66) (Centro de Planejamento Arquitetônico e Urbanístico, passou a se chamar de Laboratório Experimental de Arquitetura e Urbanismo (LEAU) em 1978. Em 1986 a sigla original foi retomada, e em 2000 foi desvinculada da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, atualmente se chama Centro de Planejamento Oscar Niemeyer. Área de 1203 m<sup>2</sup>).



Figura 65 – Foto aérea do Conjunto arquitetônico dos Serviços Gerais  
 Fonte: Foto de Lucas Parahyba, 2017. Acervo do autor



Figura 66 – Foto do CEPLAN em 2017  
 Fonte: Acervo do autor



Figura 67 – Foto de parte dos edifícios que configuram o conjunto arquitetônico de Serviços Gerais em 2017

Fonte: Acervo do autor

A construção com o pré-fabricado tornou-se um dos motes principais da Universidade de Brasília – praticamente todas as suas primeiras arquiteturas foram projetadas e construídas segundo a técnica. O próprio edifício do CEPLAN foi um esforço importante nesse sentido – a construção foi estruturada com um número mínimo de componentes: dois elementos estruturais, os painéis pré-moldados que conformam as paredes, e as vigas protendidas, também pré-moldadas, utilizadas na cobertura (ALBERTO, 2009).



Figura 68 – Conjunto arquitetônico dos Serviços Gerais em 1963

Fonte: Fragmento removido do filme *Universidade de Brasília: Primeira Experiência em Pré-moldado (1962-1970)*

A busca por uma nova possibilidade construtiva, que viabilizasse, de maneira rápida e econômica, as construções iniciais da UnB, vai nortear a equipe coordenada por Niemeyer. A experiência da construção do conjunto arquitetônico dos Serviços Gerais, que inclui o próprio edifício do CEPLAN, é documentada e ilustrada no filme *Universidade de Brasília: Primeira experiência*

em pré-moldado (1962-1970), que foi uma produção da própria UnB, dirigida por *Heinz Forthmann*, sob a assessoria técnica de Lelé. Na figura 68 ilustra-se um fragmento desta produção, com conjunto do Serviços Gerais finalizados em 1963.

### **Galpões de Serviços Gerais (1962-1969)**

Outro conjunto que se destaca pelo uso do pré-moldado (e foi projetado no mesmo ano que o conjunto do CEPLAN) são os Galpões de Serviços Gerais (Figura 69), de autoria do arquiteto Lelé.



Figura 69 – Foto aérea dos Galpões de Serviços Gerais  
Fonte: Foto de Lucas Parahyba, 2017. Acervo do autor

Os galpões representam uma variante dos primeiros blocos pré-moldados de serviços gerais, térreos e mais simples. Contam com subsolo, térreo e mezanino (CAVALCANTE, 2015).

As construções do complexo já abrigaram grande parte da universidade, sendo utilizados para implantação provisória dos primeiros cursos da instituição (SCHLEE, 2014).

O conjunto é composto por três edificações idealizadas um único projeto, sendo:

- SG 9 – Oficina de Mecânica da Faculdade de Tecnologia. Área de 2.800 m<sup>2</sup>.
- SG 11 (Figura 70) – Abrigou temporariamente os Institutos de Biociências, Física e Química. Atualmente, abriga o Laboratório de Engenharia Elétrica. Área de 3.600 m<sup>2</sup>;
- SG 12 (Figura 71) – Abrigou a Biblioteca Central no térreo, até 1973, e o Instituto de Letras e Ciências Humanas. Atualmente, abriga o Laboratório de Engenharia Civil. Área de 5.437 m<sup>2</sup>.



Figura 70 – SG 11 – Laboratório de Engenharia Elétrica  
Fonte: Acervo do autor



Figura 71 – SG 12 – Laboratório de Engenharia Elétrica  
Fonte: Acervo do autor

Vale ressaltar que somente os galpões SG 11 e SG 12 fizeram uso de elementos pré-moldados. Os prédios foram finalizados entre os anos de 1964 e 1965. O SG 9 foi executado em alvenaria convencional e, segundo Cavalcante (2015), o processo se caracterizaria por vício de licitação, pois havia apenas uma empresa capaz de fornecer as peças pré-moldadas.

## Blocos de Apartamento da Colina (1962-1963)

Os Blocos de apartamento da Colina (Figura 72) foram projetados em 1962 e concluídos em 1963, e são de autoria de Lelé. O conjunto se destaca pelo uso parcial do pré-moldado em seu sistema linear de estruturas.



Figura 72 - Foto aérea do Conjunto arquitetônico da Colina  
Fonte: Foto de Lucas Parahyba, 2017. Acervo do autor

O principal objetivo da construção dos Blocos da Colina era substituir a OCA, que servia de alojamento para os professores. Os primeiros moradores foram professores e alunos do curso de pós-graduação, alojados de forma coletiva. Posteriormente, os alojamentos coletivos foram divididos em unidades habitacionais individuais (SCHLEE, 2014).

O conjunto é dividido em quatro edificações, sendo:

- Bloco A e D. Área de 4.204 m<sup>2</sup>;
- Bloco B e C. Área de 2.699 m<sup>2</sup>;

A disposição do conjunto é composta por quatro edificações com acessos independentes, formando ramos conectados ao sistema viário, isolando os canteiros de obra com o intuito de não prejudicar as condições de moradia dos espaços já habitados. As unidades habitacionais foram erguidas formando um grande vazio no térreo; liberando a base para estar, jardins e abrigo de veículos. A Figura 73 ilustra o Bloco A do conjunto arquitetônico da Colina, onde é possível identificar espaços de convívio e jardins.



Figura 73 – Pilotis do Bloco A da Colina  
Fonte: Acervo do autor

Uma característica do conjunto é a capacidade de replicação do sistema construtivo adotado. Apesar da variação dimensional dos edifícios, este instrumento também foi aplicado nos Galpões de Serviços Gerais e no Conjunto Arquitetônico de Serviços Gerais.

### **Centro Integrado de Ensino Médio (1963-1964)**

O CIEM (Figura 74) foi construído para abrigar um projeto pedagógico, que estaria vinculado à Faculdade de Educação, onde os alunos de licenciatura poderiam exercer a prática docente (CAVALCANTE, 2015).

O edifício foi projetado por Sabino Barroso, em 1963 e construído em 1964 e conta com uma área construída de aproximadamente 8.108 m<sup>2</sup>. O

conjunto caracteriza-se pelo uso de sistemas construtivos em pré-moldados, composto por painéis, cobogós e vigas em concreto armado.



Figura 74 - Centro Integrado de Ensino Médio (CIEM)  
Fonte: CAVALCANTE, 2015

O CIEM pode ser caracterizado no mesmo grupo de edifícios que compõe o conjunto arquitetônico de Serviços Gerais (SG 1, SG 2, SG 4, SG 8 e SG 10), uma vez que, os edifícios utilizam o mesmo sistema construtivo. O programa pedagógico implantado no CIEM é encerrado em 1971. Nesse tempo, o edifício foi devolvido ao Governo do Distrito Federal, mas voltou a ser administrado pela UnB, em 1980, quando o antigo prédio passou por uma reforma e passou a ser o Ambulatório 1 (Figura 75) do Hospital Universitário de Brasília (HUB) (SCHLEE, 2014).



Figura 75 – Ambulatório 1 do HUB  
Fonte: Acervo do autor

Vale ressaltar que o arquiteto autor do projeto do CIEM (Sabino Barroso) teve a oportunidade de ir para o leste europeu, junto com Lelé, como supracitado anteriormente nesta pesquisa, demonstrando certo alinhamento às práticas projetuais desenvolvidas no CEPLAN.

### Instituto de Teologia (1963)

O projeto para o Instituto de Teologia teria sido uma das principais obras da UnB. Nesse projeto, o arquiteto faz um emprego mais “flexível” dos pré-fabricados, entendendo a importância da liberdade plástica para o tema. A estrutura pré-moldada foi pensada para o corpo principal do edifício criando uma sequência contínua, quase monótona, de módulos (ALBERTO, 2009).

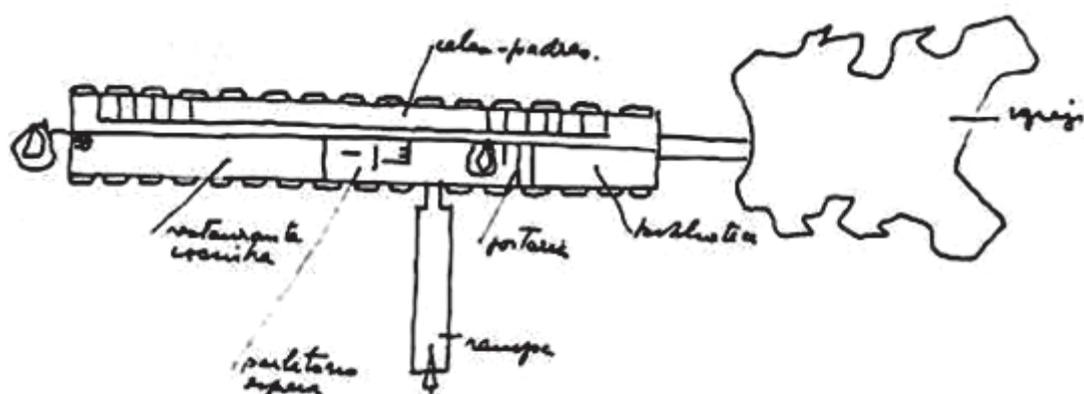


Figura 76 – Planta do Instituto de Teologia desenvolvida por Niemeyer em 1962

Fonte: CAVALCANTE, 2015

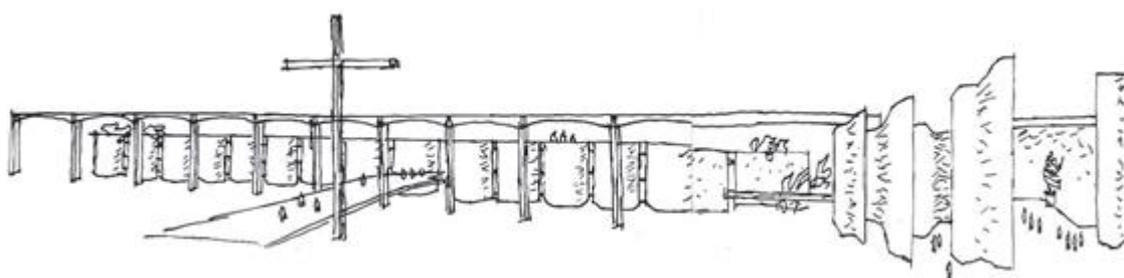


Figura 77 – Perspectiva do conjunto arquitetônico

Fonte: CAVALCANTE, 2015

As Figuras 76 e 77 ilustram a proposta inicial do Instituto de Teologia. A ideia consistia na integração de dois edifícios distintos, onde o conjunto destinado a Igreja empregava um uso plástico do concreto, sendo totalmente antagônico ao volume principal. Segundo Alberto (2009), não havia para Niemeyer, a necessidade de subordinação à técnica da pré-fabricação.

A concepção estrutural do edifício do corpo principal, desenvolvida por Ernesto Walter, se baseia em um sistema de colunas-parede pré-fabricadas (Figura 78) com lajes de piso nervuradas, e cobertura independente formada por um sistema linear de vigas e pilares também, pré-fabricadas (CAVALCANTE, 2015).



Figura 78 – Sistema de Colunas-paredes pré-fabricadas  
Fonte: CAVALCANTE, 2015



Figura 79 – Secretaria de Educação do DF em 2017  
Fonte: Acervo do autor

Após o Golpe de 1964, o edifício foi desenvolvido ao Governo do Distrito Federal e passou a ser administrado e utilizado pela Secretaria de Educação (Figura 79) (SCHLEE, 2014). A construção não foi totalmente concluída, contando somente com o corpo principal, não sendo executada a construção plástica destinada a igreja.

## Instituto Central de Ciências (1963-1972)

O Instituto Central de Ciências (ICC) (Figura 80), também conhecido popularmente como Minhocão, consiste em um grande edifício linear, projetado por Oscar Niemeyer em 1963, sendo fruto de uma intervenção projetual, do arquiteto no plano inicial de Lucio Costa.

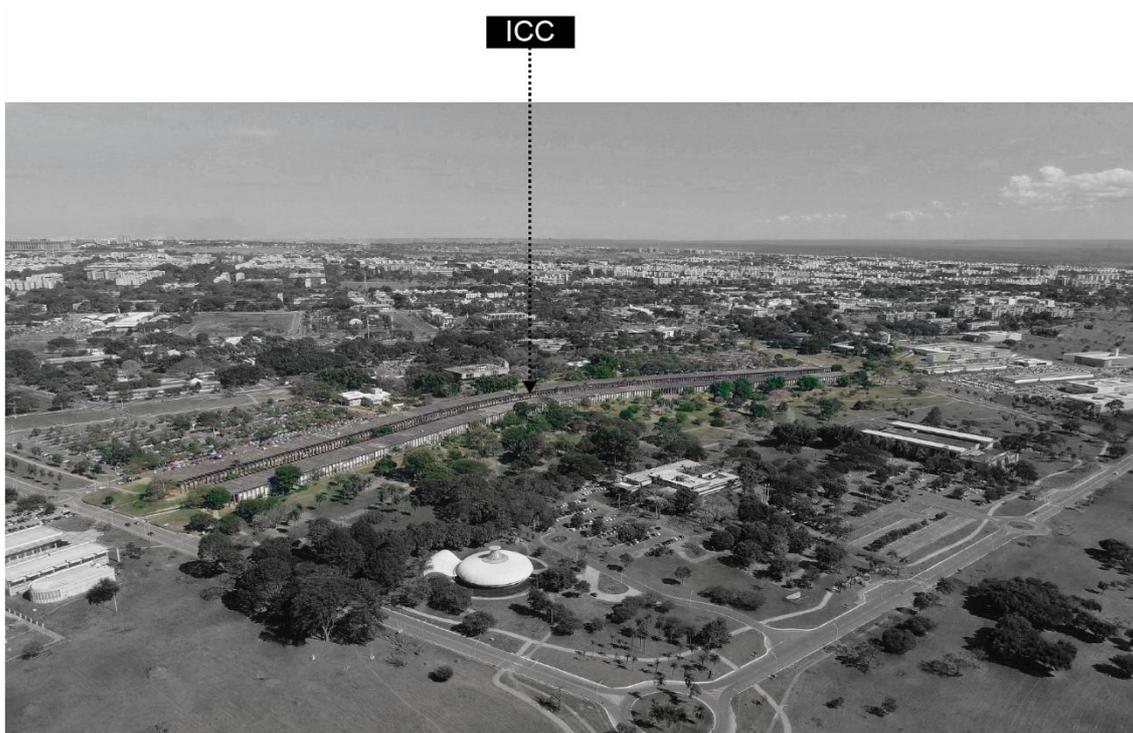


Figura 80 – Foto aérea do ICC  
Fonte: Foto de Lucas Parahyba, 2017. Acervo do autor

O projeto de Oscar Niemeyer resulta na unificação de cinco grandes institutos (Matemática, Física, Química, Biologia e Geociências), que estavam previstos no projeto de universidade de Darcy Ribeiro. A decisão é tomada pelo próprio arquiteto (SCHLEE, 2014).

Pode-se resumir a proposta de Oscar Niemeyer como “a simples junção dos institutos de ciências em um único edifício”, o que fortalece e oferece um novo caráter de integração ao igualmente inovador modelo pedagógico da Universidade. Todos os campos do conhecimento estariam unidos sob o mesmo teto, sem grandes distinções (ALBERTO, 2009).

Em aspectos dimensionais, o ICC consiste em uma edificação com dois pavimentos e subsolo, disposto longitudinalmente (Figura 81) por 696

metros de extensão, 60 metros de largura e uma área construída de aproximadamente 120.000 m<sup>2</sup>.

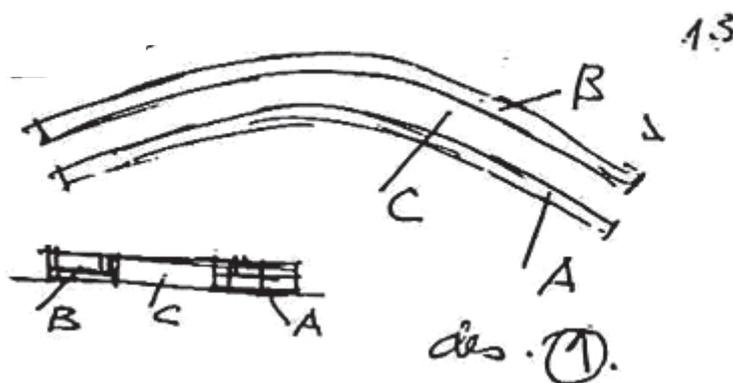


Figura 81 – Croquis de Niemeyer para o ICC  
Fonte: CAVALCANTE, 2015

Formalmente, o ICC possui dois grandes blocos retos nas extremidades, que constituem o ICC Norte e o ICC Sul. No centro, os blocos são curvos e intercalados por dois halls de entradas que chegam a ter 45 metros de vão livre. As entradas transversais do edifício, se destacam pelas rampas em formato “U” que dão acesso ao mezanino.

No sentido transversal, como ilustrado no corte da Figura 82, O ICC é separado por faixas do sentido Leste (B) e Oeste (A), que constituem as salas de aula, laboratórios e auditórios. Na faixa central (C), estão as circulações e os jardins internos (Figura 83), onde o paisagismo, junto com os estacionamentos externos, são propostas de autoria de Miguel Alves Pereira, Nelson Saraiva da Silva e Paulo de Melo Zimbres.

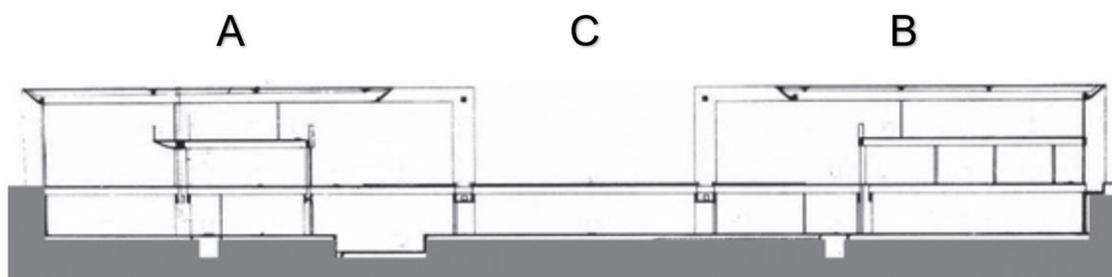


Figura 82 – Corte transversal do ICC  
Fonte: CEPLAN. Acessada em 13 de fevereiro de 2020:  
[http://www.ceplan.unb.br/index.php?option=com\\_phocadownload&view=category&id=3&Itemid=684&limitstart=20#](http://www.ceplan.unb.br/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=3&Itemid=684&limitstart=20#)



Figura 83 – Jardins internos do ICC  
Fonte: Foto de Lucas Parahyba, 2017. Acervo do autor

O sistema construtivo adotado tirou partido do pré-moldado para desenvolvimento de diversas peças estruturais. Para vencer os vãos de 30 metros nas alas Leste (B) e Oeste (A), o sistema estrutural faz o uso de pórticos pré-moldados (Figura 84) espaçados a cada 3 metros.



Figura 84 – Pórticos na entrada do ICC Norte  
Fonte: Foto de Lucas Parahyba, 2017. Acervo do autor

Para vencer os vãos do térreo e mezanino, o sistema faz uso de vigas-calha pré-moldadas protendidas ocas na parte central para passagem das instalações (Figura 85).

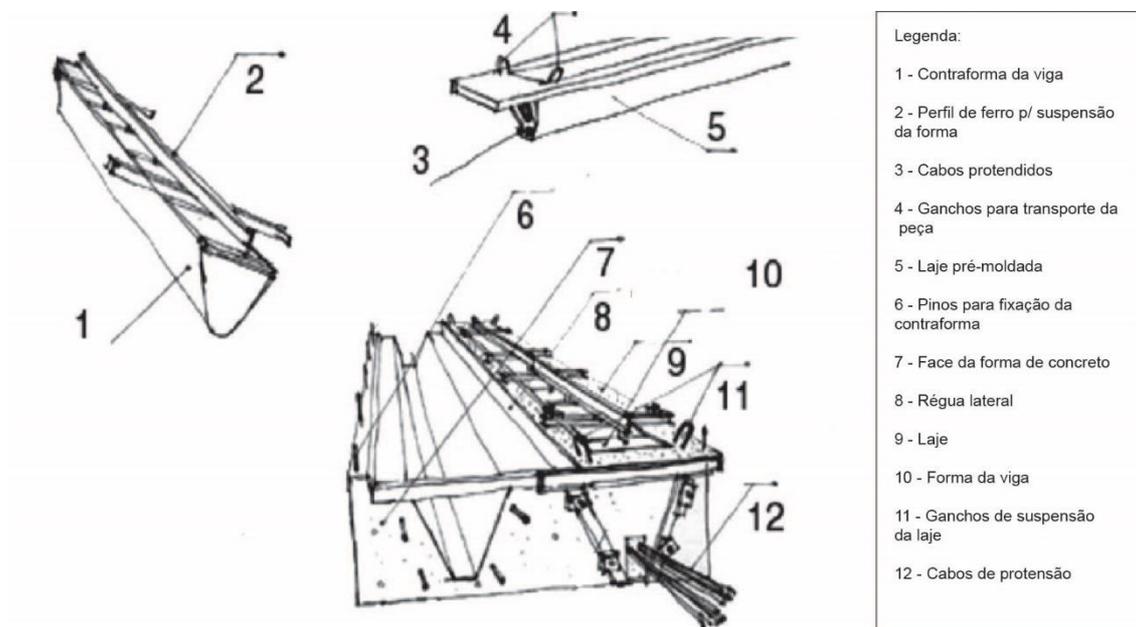


Figura 85 – Desenhos de Oscar Kneipp para as Vigas-calhas  
 Fonte: CAVALCANTE, 2015

O içamento das vigas-calhas estão ilustrados na Figura 86, que destaca o maquinário utilizado e o processo de montagem.

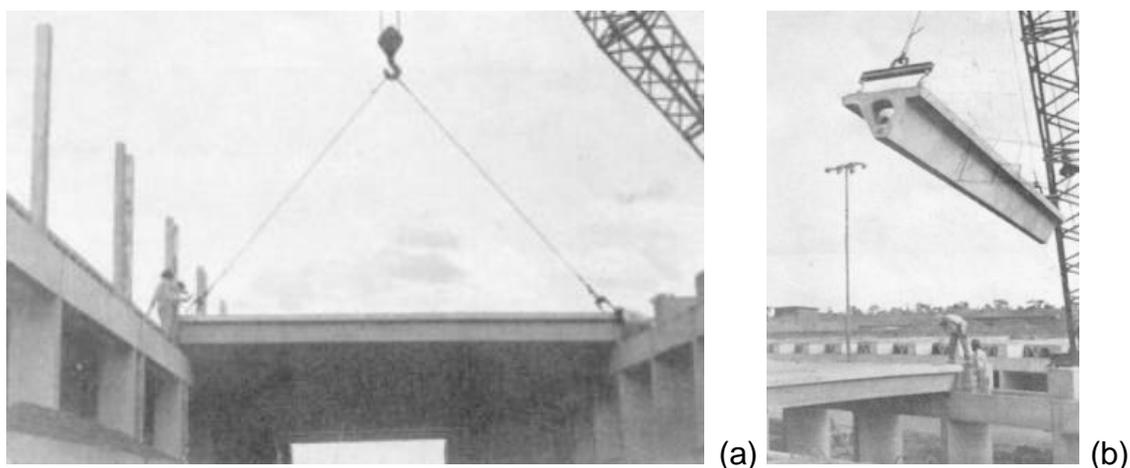


Figura 86 – (a) e (b): Içamento das vigas-calhas  
 Fonte: Acrópole, 1970

As vigas-calhas são apoiadas em um viga duplo, com pilares de alma oca para passagem das instalações elétricas e hidrossanitários, como

ilustrado na Figura 87. Vale ressaltar que Lelé foi o responsável pela execução e pré-fabricação dos sistemas construtivos.

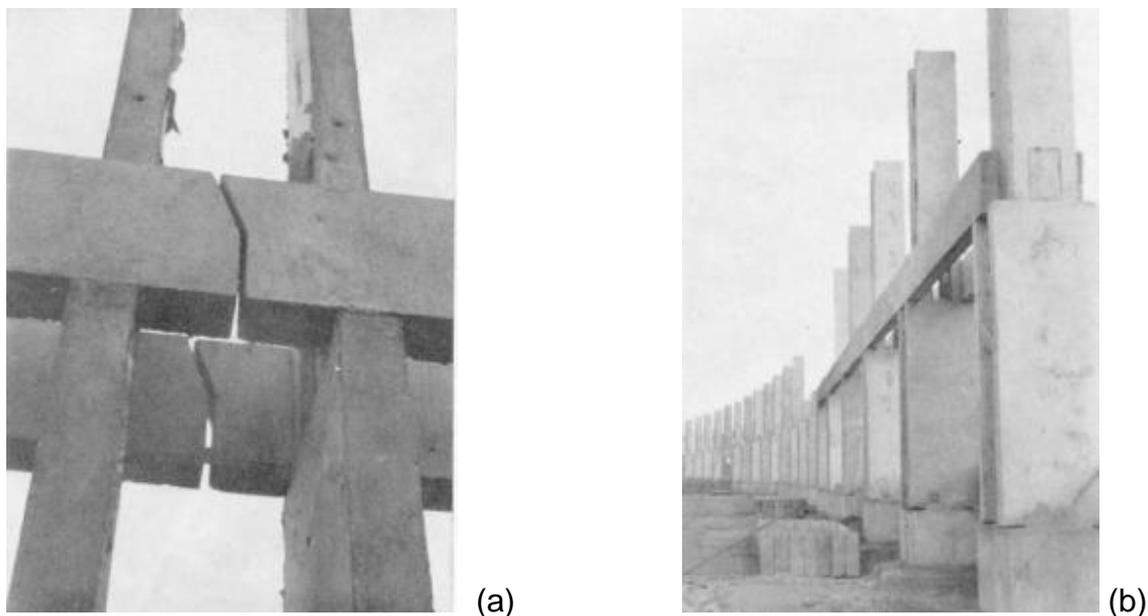


Figura 87 – (a) e (b): Vigamento duplo e pilares de alma oca  
Fonte: Acrópole, 1970

Até o ano de 1969, apenas 15% da obra havia sido concluída. Neste período, foram feitas algumas modificações no projeto, sendo a principal o aumento do espaço de ocupação do subsolo, após escavações realizadas pela construtora Rabello S.A (SCHLEE, 2014). Na Figura 88, é possível visualizar a área do subsolo na entrada do ICC Sul.



Figura 88 – Vista do subsolo no ICC Sul  
Fonte: Acrópole, 1970

Após quase um ano da Instauração do Golpe Militar de 1964, houve a demissão coletiva de diversos professores, inclusive dos profissionais que 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 1970, 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, em modelos que se assemelham ao ciclo fechado de pré-fabricação, mas flexível quanto ao uso do sistema convencional. Vale ressaltar que nesses, 8 anos de experimentação, foram executados aproximadamente 175.000 m<sup>2</sup> de área construída, onde somente o ICC representa 68% deste valor.

## 4. Estudos de Caso

---

Os capítulos anteriores apresentaram um panorama geral do processo de industrialização da construção no século XX, destacando experiências pioneiras em contextos distintos. Percebe-se que a produção arquitetônica industrializada deste período, se alinhará com o discurso do Movimento Moderno, especialmente no campo da habitação. Muito dessa produção foi viabilizada graças ao rápido desenvolvimento da tecnologia do concreto armado no começo do século e ao sistema de incorporação, por parte dos arquitetos modernistas.

O discurso Moderno e a necessidade de reconstrução da Europa no Pós-Guerra vão gerar políticas de estímulo à produção racionalizada, com grande foco na habitação. Este período, iniciou-se uma das primeiras fases na produção de sistemas de pré-fabricados (ciclo fechado) e vão nortear diversas experiências ao longo do século XX.

Diferentemente da Europa, a produção industrializada brasileira tem suas primeiras experiências mais constantes na década de 1950, mas a preocupação com a produção sistemática veio no ano de 1962 com as experiências das Refinarias da Petrobrás no município de Canoas (1962-1968), o Conjunto de Residências da Universidade de São Paulo (1962-1963) e a Universidade de Brasília (1962-1970). A última se destaca pelo pioneirismo e escala das construções em um contexto singular, onde o senso de urgência, associado ao incentivo político e a participação de um órgão técnico, mas também acadêmico, como o CEPLAN, são condicionantes únicos nas experiências com pré-fabricação no Brasil do século XX.

Utilizando-se dos critérios de seleção expostos no tópico de procedimentos metodológicos desta pesquisa, este capítulo abordará três estudos de caso, dando ênfase aos aspectos: históricos, arquitetônicos, materiais e tecnologia construtiva vigente, de edificações que marcam esta fase da Universidade de Brasília, sendo:

- SG 10 – CEPLAN;
- Blocos A e D – Blocos de Apartamentos da Colina;
- SG 11 e 12 – Laboratório de Elétrica e Engenharia Civil.

As edificações escolhidas se destacam pelo protagonismo da estrutura na sua concepção, no desenvolvimento dos elementos pré-moldados e de produção em série, além disso são edifícios replicados em construções idênticas ou adaptados as distintas proporções e programas de necessidade e contam com a participação de Lelé no desenvolvimento da pré-fabricação ou na autoria dos projetos.

### **Análise Estrutural e Equilíbrio**

Na etapa de análise dos sistemas estruturais, toda informação técnica levantada referente aos estudos de caso, 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.

Segundo Rebello (2000) e Salvadori (2006), 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.

Ainda segundo Rebello (2000), para uma estrutura permanecer em equilíbrio estático, 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.

Por conseguinte, a compreensão das condições de equilíbrio é de grande valia para embasar a análise estrutural dos estudos e viabilizar a leitura dos diagramas gerados pelas ferramentas computacionais,

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.

#### 4.1 Centro de Planejamento Oscar Niemeyer (CEPLAN) | SG 10

O projeto do edifício do Centro de Estudos e Planejamento Arquitetônico, o CEPLAN (Figura 89) e atual Centro de Planejamento Oscar Niemeyer, foi assinado pelo arquiteto que carrega o seu nome atual em 1962 e construído em 1963, com a colaboração de Lelé e paisagismo original de Alda Rabelo.

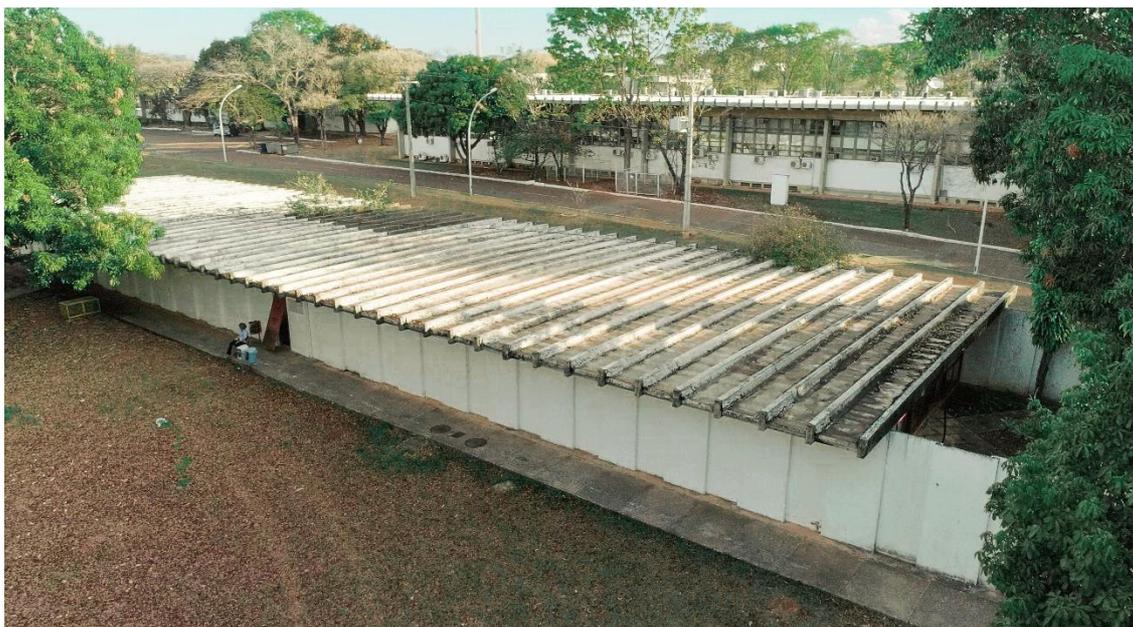


Figura 89 – Vista aérea do CEPLAN  
Fonte: Foto de Lucas Parahyba, 2017. Acervo do autor

O CEPLAN está localizado na Gleba A, porção centro-norte do *Campus Darcy Ribeiro*, da Universidade de Brasília (Figura 90). O edifício faz parte do conjunto arquitetônico de Serviços Gerais, sendo composto por cinco edificações (SG 1, 2, 4, 8 e 10) de caráter pavilhonar, que foram construídas em um intervalo de 45 dias, com uso pioneiro da pré-moldado de forma sistemática.



Figura 90 – Implantação do CEPLAN

Fonte: Geoportal Segeth com auxílio do programa Illustrator. Desenvolvido pelo autor

Nas Figuras 91 e 92 destacam-se as principais fachadas do pavilhão do CEPLAN, onde o volume conta somente com quatro portas. A disposição dos painéis e vigamento ditam o ritmo compositivo da construção.



Figura 91 – Entrada do Instituto de Dança

Fonte: CAVALCANTE, 2015



Figura 92 – Fachada posterior do CEPLAN

Fonte: Acervo do autor

Neste estudo de caso, é apresentado: descrição arquitetônica, sistema estrutural e processo de construção industrializada. As informações foram obtidas e levantadas por meio de pesquisas bibliográficas, plantas esquemáticas disponíveis na plataforma online do CEPLAN, levantamento dimensional *in loco* e dados relevantes expostos no filme *Universidade de Brasília: Primeira experiência em pré-moldado (1962-1970)*, produzido pela UnB, dirigido por *Heinz Forthmann* sob a assessoria técnica de João Filgueiras Lima. Ademais, apresentado uma análise do sistema estrutural, utilizando o programa computacional *SAP 2000 v21* na geração de diagramas tridimensionais e do programa *Ftool*, como ferramenta auxiliar.

## **Arquitetura**

Atualmente, o pavilhão do SG10, além de abrigar o Centro de Planejamento Oscar Niemeyer, tem parte do edifício destinada ao Instituto de Dança. No programa de necessidades original, a área destinada ao CEPLAN era composta pelos seguintes espaços: sala de desenho, sanitários, jardins, copiadora, área de reunião, exposições, copa, direção e auditório.

Os espaços foram dispostos em um edifício de planta retangular, nas dimensões 11x95m, onde a delimitação é feita por painéis pré-moldados de seção “U” (1x3m) modulados a cada metro, e ancoram as vigas de cobertura, dispostas a cada metro. No espaço entre as vigas foram fixadas chapas de alumínio na parte externa em ranhuras previamente executadas, com uma leve inclinação para garantir o caimento das águas pluviais. Na face interna, foram fixadas placas de isopor nas dimensões 0,50x1,00m.

Na Figura 93, ilustra-se a planta baixa do CEPLAN, com o programa de necessidade original, além da planta de cobertura, destacando os elementos estruturais e de vedação da cobertura, o que evidencia uma planta livre, sem interferências trazendo grande flexibilidade no layout interno.

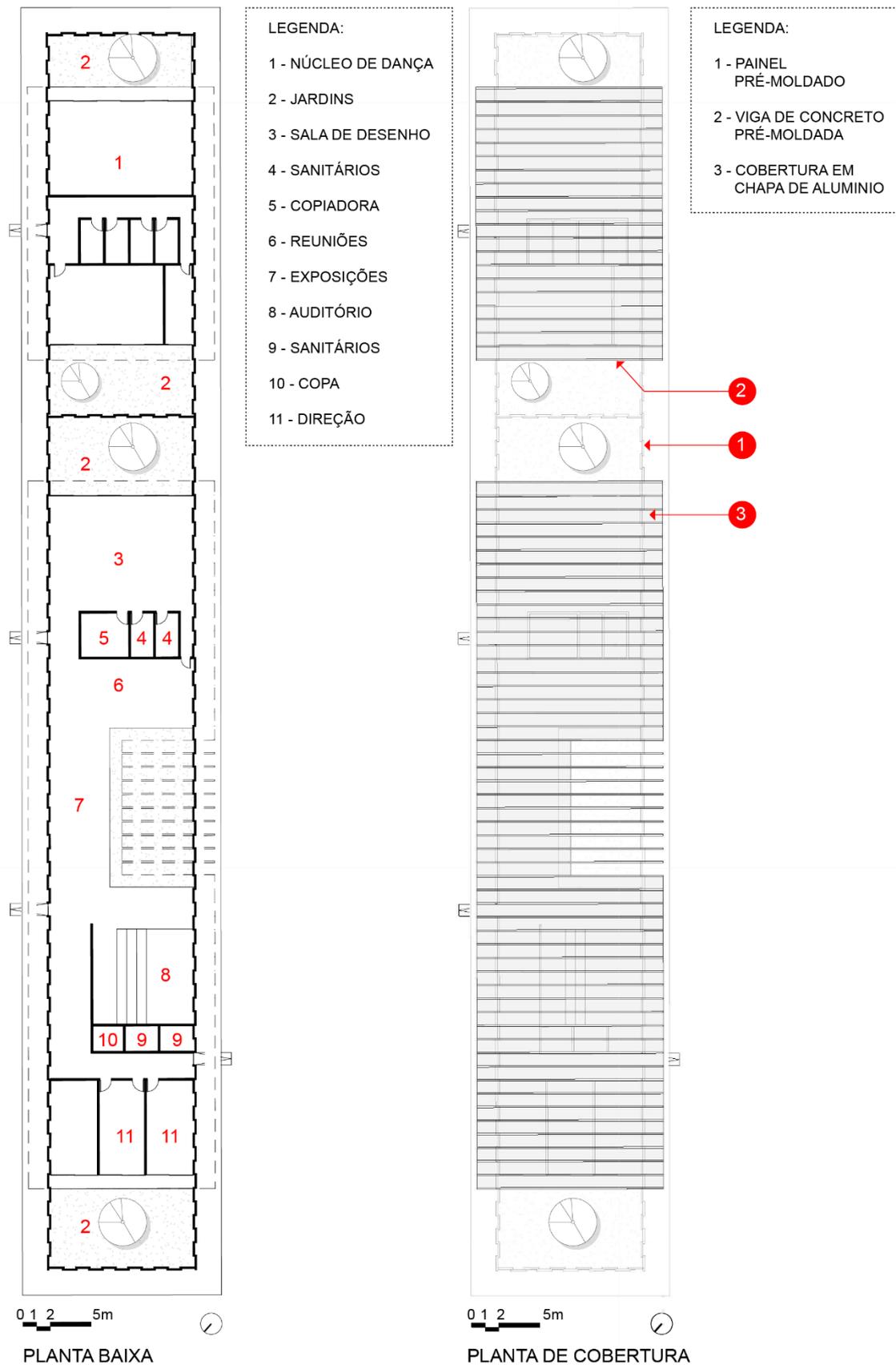


Figura 93 – Planta baixa e planta de cobertura do CEPLAN  
 Fonte: Desenvolvido pelo autor

O edifício não possui janelas, somente portas de aço basculantes no sistema de contrapeso com as mesmas dimensões dos painéis pré-moldados. A iluminação e a ventilação são garantidas por meio das aberturas na cobertura que formam jardins internos. Segundo a narração do arquiteto e professor aposentado da FAU-UnB, José Carlos Córbova Coutinho, no filme *Universidade de Brasília: Primeira experiência em pré-moldado (1962-1970)*, a ausência de janelas é justificada pelo tipo de uso da edificação:

Pela natureza das atividades, que exigem um ambiente de tranquilidade e concentração, os edifícios são fechados para o exterior e abertos para amplos pátios internos ajardinados, que asseguram o controle do microclima. São obras-primas da arquitetura do período, exatamente por serem edifícios despretensiosos, inovadores (COUTINHO, 2012).

Na Figura 94, destaca-se um dos espaços internos mais marcantes do interior do CEPLAN (Jardim, Exposição e Auditório), onde os croquis de Niemeyer fazem um diálogo sutil entre os elementos formais da arquitetura e o mobiliário em madeira e couro desenvolvidos por Elvin Mackay Dubugras<sup>13</sup> (1929-1999), em parceria com estudantes.



Figura 94 – Aspectos do interior do CEPLAN  
Fonte: ACRÒPOLE, 1970

O mobiliário austero do CEPLAN estava em acordo com a economia de meios presente na própria concepção projetual e construtiva do centro. O

---

<sup>13</sup> Arquiteto diplomado pela Faculdade Nacional de Arquitetura em 1952. Entre os anos de 1962 e 1965 produziu uma série de móveis em madeira (VASCONCELLOS, 2016).

resultado é um ambiente sem se inóspito, porém, despojado. A madeira e o couro eram materiais de fácil acesso a quem projetava para o *campus*, o que refletiu em texturas naturais e que procuram quebrar a frieza da construção em concreto, ferro e vidro (VASCONCELLOS, 2016).

A simplicidade do CEPLAN é presente não somente ao seu interior, mas vem desde o seu processo de projeto, onde Niemeyer e equipe buscaram sintetizar os tempos de projeto, construção e acabamento. Estas diretrizes são o mote na concepção do edifício. Na Figura 95, é possível identificar todos os elementos de síntese do pavilhão, destacando os elementos estruturais, o aspecto aberto gerado pelo jardim interno, os croquis de Niemeyer e o mobiliário todo desenvolvido na própria universidade nos anos de 1960.



Figura 95 – Interior do CEPLAN  
Fonte: Acervo do autor

### **Sistema Estrutural e Técnica Construtiva**

O sistema estrutural do pavilhão do CEPLAN é bastante simples e consiste, basicamente, em dois elementos estruturais (Figura 96), os painéis, que funcionam como apoios e compõem a vedação externa; as vigas protendidas biapoiadas na cobertura completam o sistema. Na Figura 97, destacam-se as camadas construtivas do edifício do CEPLAN. Consistem-se em: cortinas, jardins, painéis pré-moldados, divisórias/esquadrias internas, vigas pré-moldadas e chapas de alumínio da cobertura.

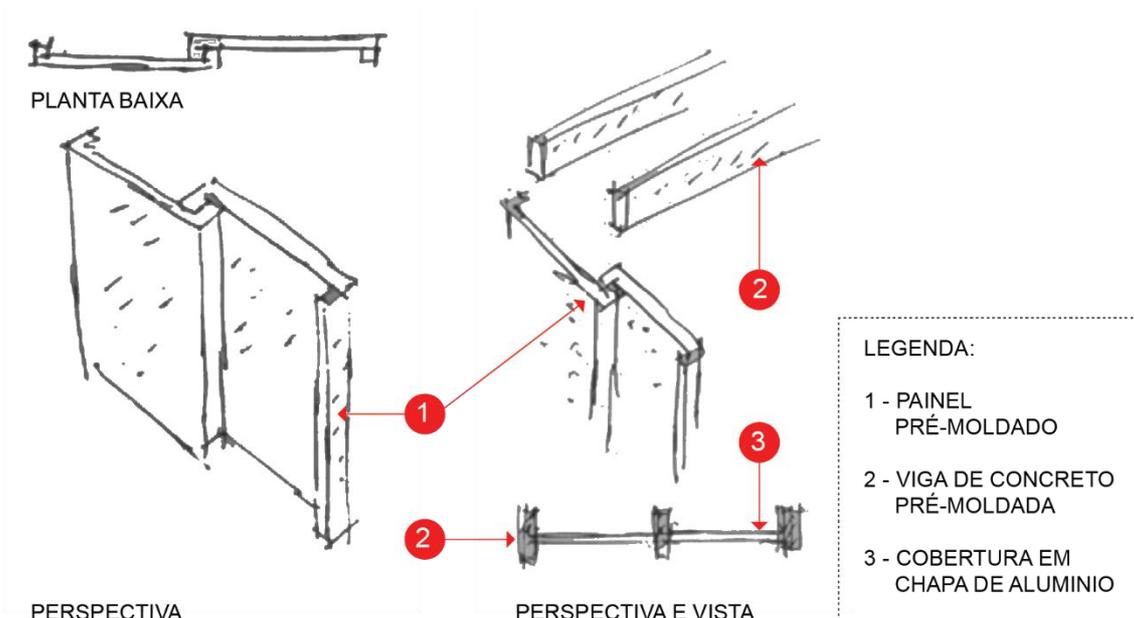


Figura 96 – Croquis com peças do sistema estrutural do CEPLAN  
 Fonte: ACRÓPOLE, 1970. Adaptações do autor no programa Illustrator

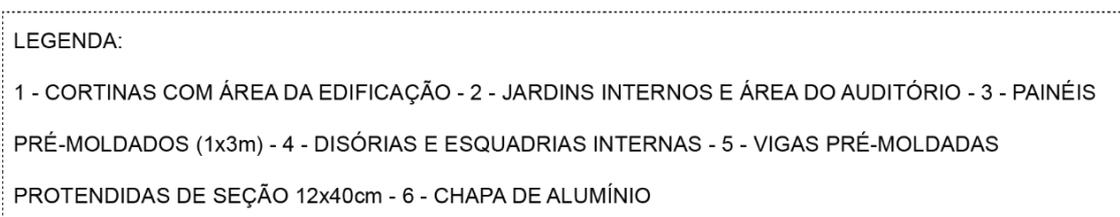
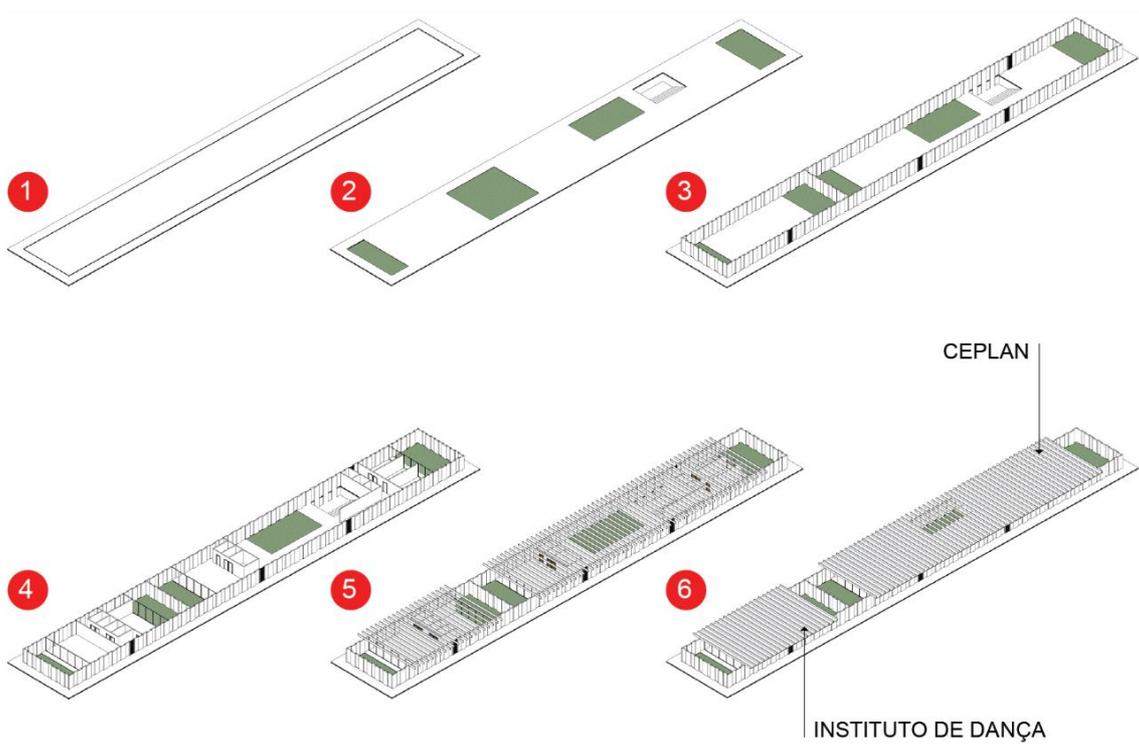


Figura 97 – Camadas construtivas do CEPLAN  
 Fonte: Desenvolvido pelo autor

A técnica predominante no processo de construção do CEPLAN foi a pré-fabricação *in loco*, ou pré-moldado. Os painéis, por exemplo, foram executados em usina montada no canteiro obras (Figura 98), com fôrmas de madeira compensada reaproveitadas em dez concretagens.

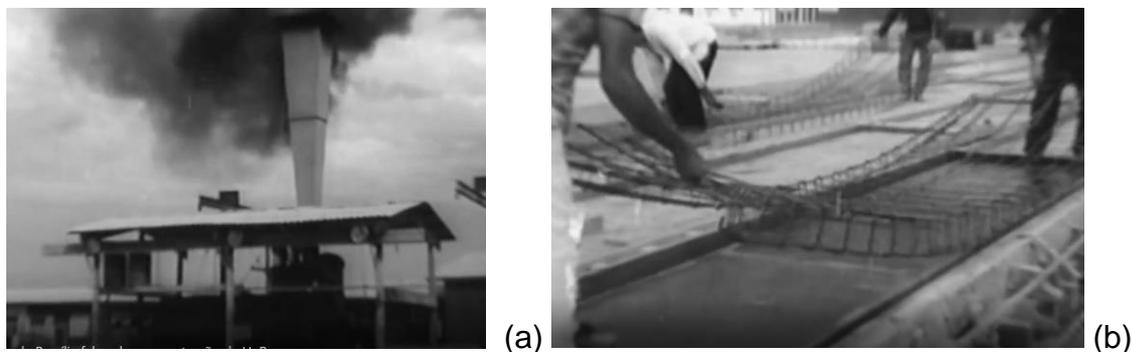


Figura 98 – Construção do CEPLAN (a) Usina de fabricação dos elementos pré-moldados (b) Locação das armações dos painéis nas fôrmas de madeira compensada  
Fonte: Fragmento removido do filme Universidade de Brasília: Primeira Experiência em Pré-moldado (1962-1970)

Durante o processo de cura do concreto, foi utilizado o vapor, com o cobrimento dos módulos de painéis para acelerar o processo em 36 horas. No conjunto de fragmentos do filme de Forthmann na Figura 99, se identifica todo esse processo, até a separação dos painéis para estocagem.

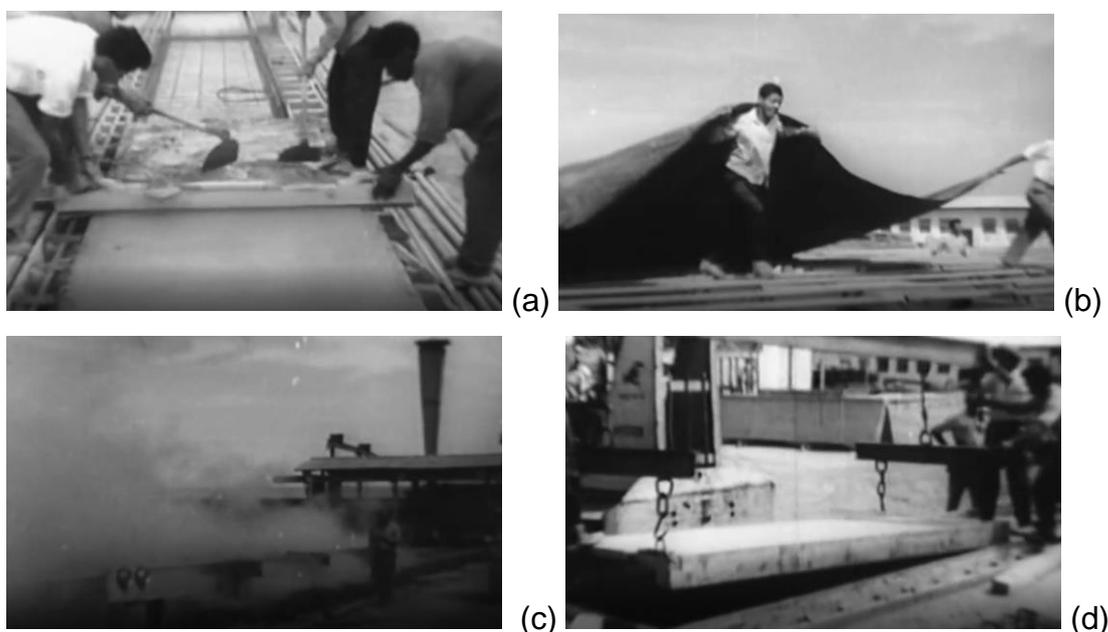


Figura 99 – Processo de cura dos painéis do CEPLAN: (a) concretagem (b) cobrimento com lona térmica para segurar o vapor (c) vapor sendo expelido (d) separação para estocagem  
Fonte: Fragmento removido do filme Universidade de Brasília: Primeira Experiência em Pré-moldado (1962-1970)

Os painéis eram içados e, posteriormente, locados em suas devidas posições, por meio de maquinário. Para os primeiros quatro edifícios construídos (SG 2, SG4, SG8 e SG10), foram produzidas 949 unidades de 700 kg.

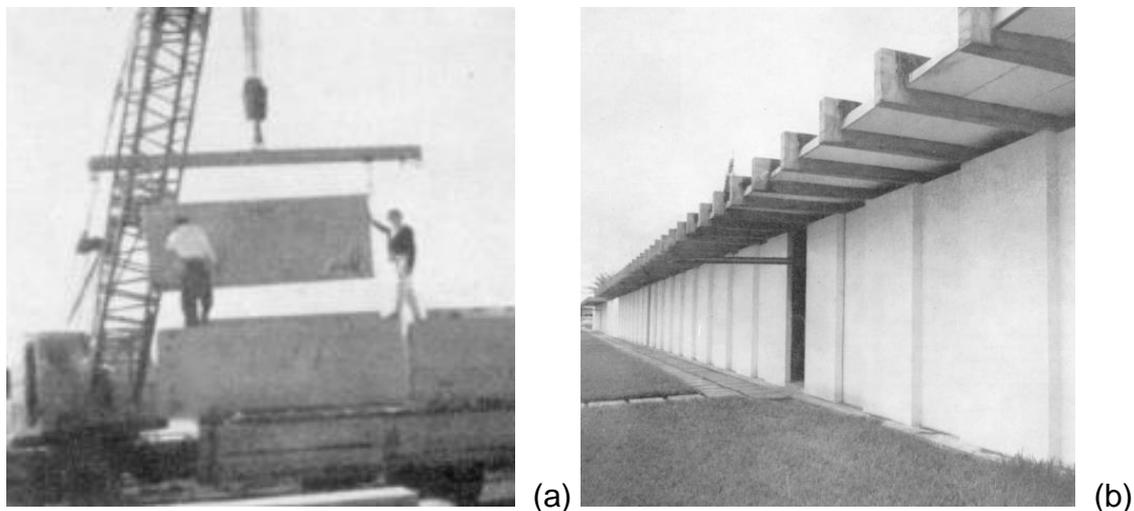


Figura 100 – Painéis do CEPLAN: (a) içamento dos painéis por meio de guindaste (b) painéis locados

Fonte: ACRÓPOLE, 1970

O vigeamento também foi moldado no local em fôrmas de madeira compensada, que foram aproveitadas por 18 vezes. A concretagem levou cerca de 72 horas. A protensão foi feita no local (Figura 101) por meio do processo de pós-tração com aderência desenvolvida posteriormente, com uso de cordoalhas lisas envolvidas em bainhas metálicas.

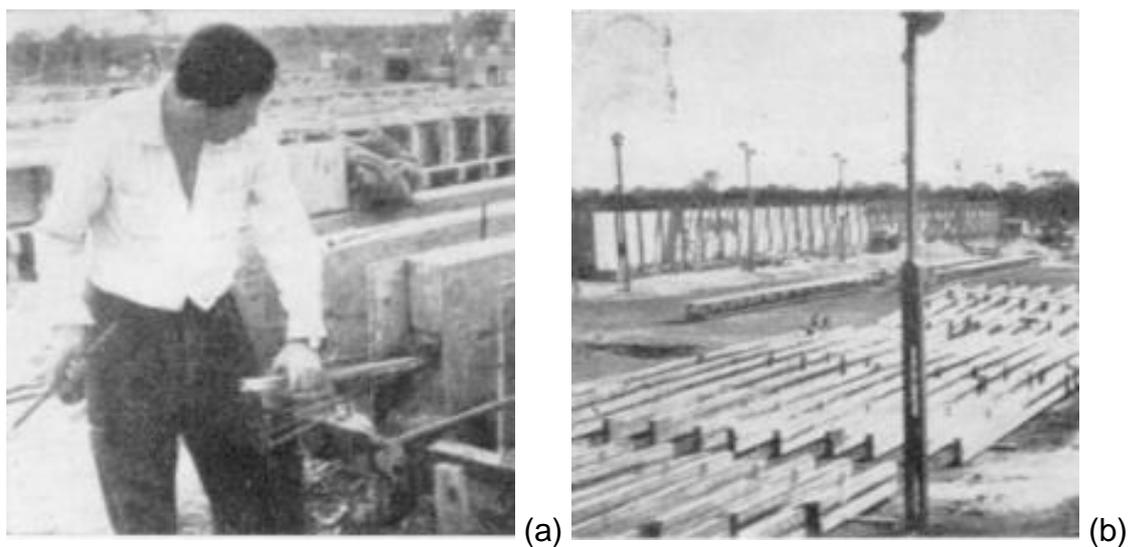


Figura 101 – Processo de protensão das vigas: (a) fios de espera (b) estocagem das vigas

Fonte: ACRÓPOLE, 1970

A aderência foi alcançada por meio de injeção da pasta de cimento e água em todo interior, o que promoveu a junção entre fios, pasta, bainhas e o concreto envolvido. Com isso, foi possível vencer um vão de 12 metros, com uma seção de apenas 12x40cm. Por fim, as vigas foram içadas e ancoradas por meio de solda nos painéis pré-moldados. O processo de içamento até o local resultou em uma razão de uma unidade locada por hora, sendo executadas cerca de 424 unidades.

Portanto, somente o pavilhão que abriga o CEPLAN e o Instituto de Dança apresenta cerca de 211 painéis pré-moldados e 74 vigas pré-moldadas, que dão forma de maneira simples, mas sintética.

### **Análise Estrutural**

Devido à ausência de fontes oficiais e técnicas, referente ao conjunto arquitetônico do Serviços Gerais, as dimensões e informações dos elementos estruturais do estudo de caso em questão foram coletadas:

- No local, por meio de levantamento dimensional *in loco*;
- No filme *Universidade de Brasília: Primeira experiência em pré-moldado (1962-1970)*, produzido pela UnB e dirigido por Heinz Forthman, sob assessoria técnica de Lelé;
- Por meio de revisão bibliográfica realizada em pesquisas, livros e periódicos, especialmente a edição 369 de 1970 da Revista Acrópole de 1970.

Na Tabela 1, elementos e dimensões dos componentes estruturais que compõem o edifício foram descritos. Para o modelo estrutural (Figura 102) desenvolvido do programa SAP 2000 v21, foram utilizados somente dois elementos, sendo as barras (*frames*) para os painéis e vigas, além dos vínculos (*joints*) para os vínculos dos painéis, o que resultou em uma modelagem composta por 461 *frames* e 392 *joints*. Vale ressaltar que o painel de seção “U” foi dividido em dois elementos: um retângulo de 0,15x0,98m e outro de 0,12x0,30m, sendo o segundo o ponto de ancoragem das vigas.

Seguindo as orientações da NBR 6120/86 (ABNT, 1980), foram aplicados o carregamento acidental (LIVE-L) de 100Kgf/m<sup>2</sup> nas vigas da cobertura, além de seu peso próprio (DEAD – D). Para as análises numéricas foram utilizadas as seguintes combinações de carga: 1,0D + 1,0L – Estado limite de serviço (ELS) e 1,4D + 1,4L – Estado limite último (ELU).

#### ELEMENTOS ESTRUTURAIS DO PAVILHÃO DO CEPLAN

ELEMENTO	A (m)	B (m)	COR
1 – Painéis 01	0,30	0,12	
2 – Painéis 02	0,98	0,15	
3 – Vigas	0,40	0,12	

A: Altura das vigas e lado maior da seção dos painéis B: Base das vigas e lado menor da seção dos painéis.

Tabela 1 – Dimensões da estrutura do CEPLAN, levantadas para análise estrutural e lançadas no modelo desenvolvido no programa SAP 2000 v21

Fonte: Desenvolvido pelo autor

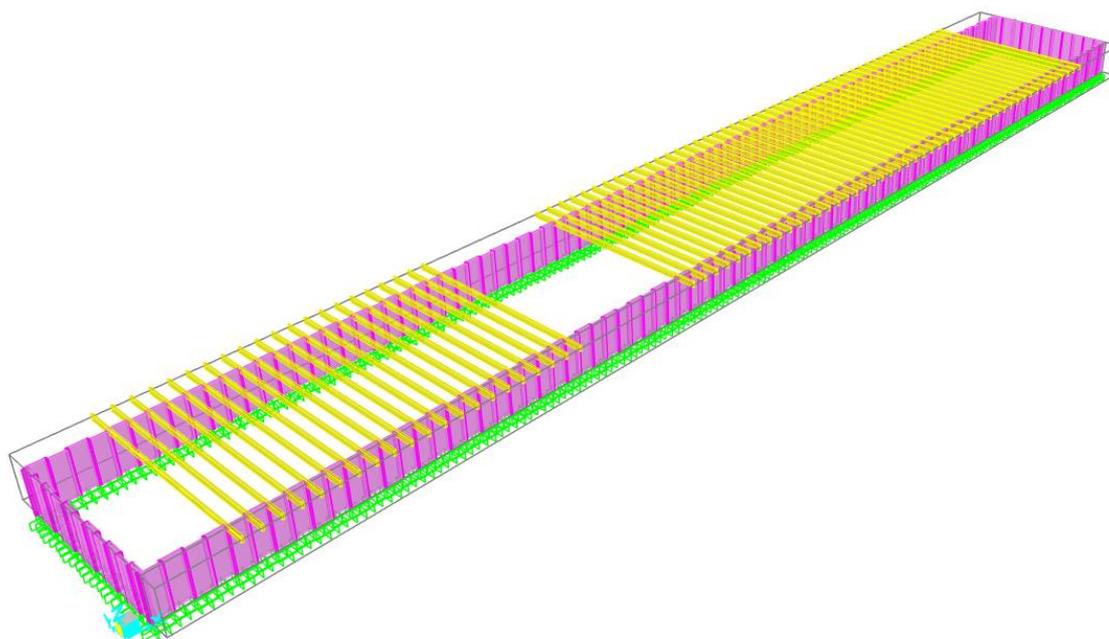


Figura 102 – Modelo estrutural do CEPLAN

Fonte: Desenvolvido pelo autor, Programa SAP 2000

Para a análise, foram verificados os esforços normais e deslocamentos das vigas da cobertura por meio de diagramas gerados pelo programa SAP 2000 v21. De forma complementar, foi representado o modelo

biapoiado em situações de vínculo distintas a fim de observar o comportamento da viga isostática e suas variações, sendo simuladas no programa Ftool.

O diagrama da Figura 103 mostra o deslocamento (flecha imediata) na viga padrão da cobertura do pavilhão do CEPLAN. Apesar de ser uma edificação projetada nos anos de 1960, os deslocamentos encontrados estão nos limites admissíveis da ABNT NBR 6118/2003.

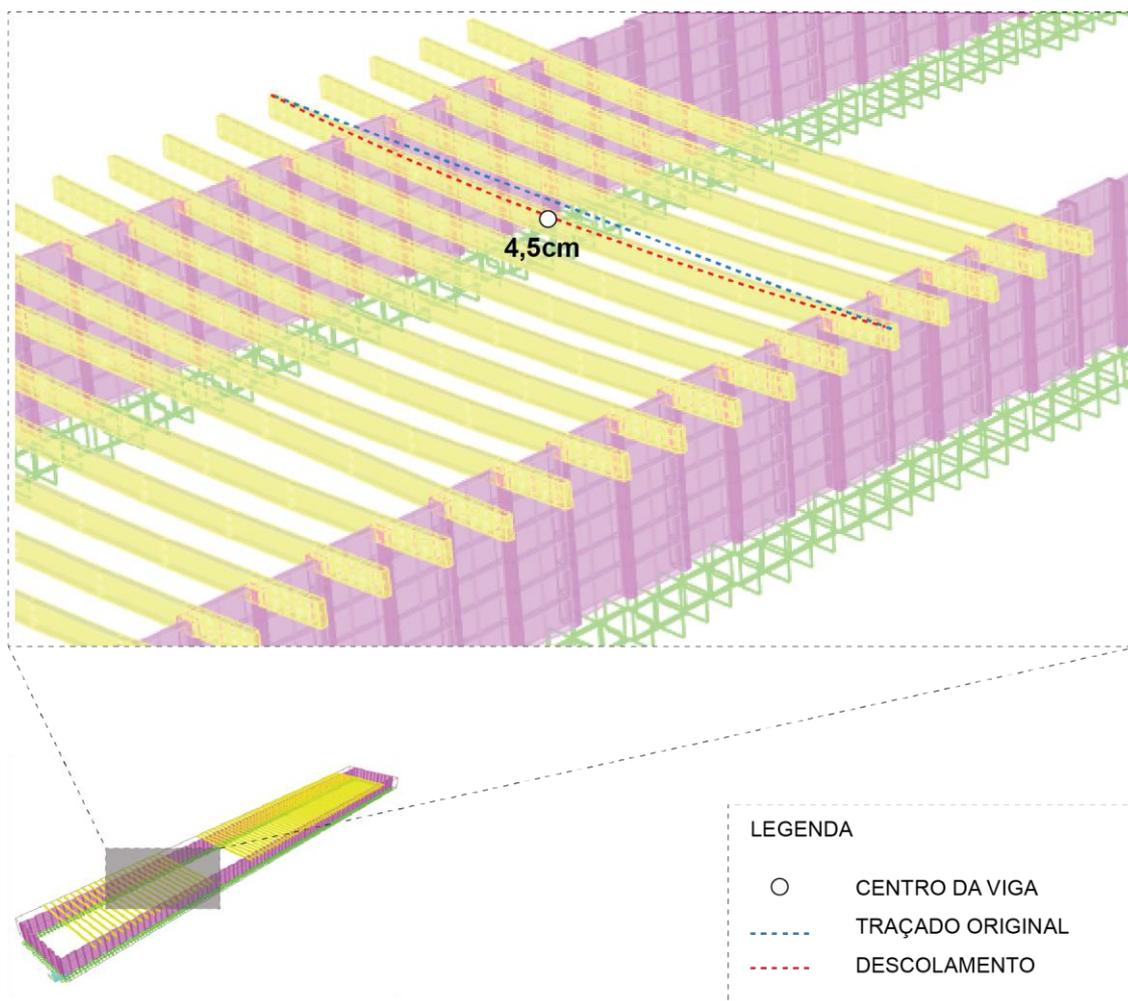


Figura 103 – Diagrama de descolamentos da viga de cobertura  
Fonte: Desenvolvido pelo autor, Programa SAP 2000

A Equação 1 destaca o deslocamento admissível de 4,8cm. As vigas da cobertura do CEPLAN apresentam uma deformação de 4,5cm, o que é impressionante para um edifício que foi construído anos antes das edições normativas. Outro fator que deve ser ponderado é que o modelo não considera as armações ativas (protensão), onde podemos considerar que o uso dessa técnica está possivelmente, mais associado ao processo de transporte da peça

durante a construção do que o seu desempenho na edificação durante a sua vida útil.

$$F_{adm} \frac{L}{250} = \frac{12}{250} = 0,048m \text{ ou } 4,8cm$$

Equação 1 – Deslocamento admissível, conforme a NBR 6118/2003

Na Figura 104, destaca-se o diagrama de momento fletor, onde no centro da viga, encontra-se o ponto mais crítico e o esforço de momento é de aproximadamente 3,61 Tf/m.

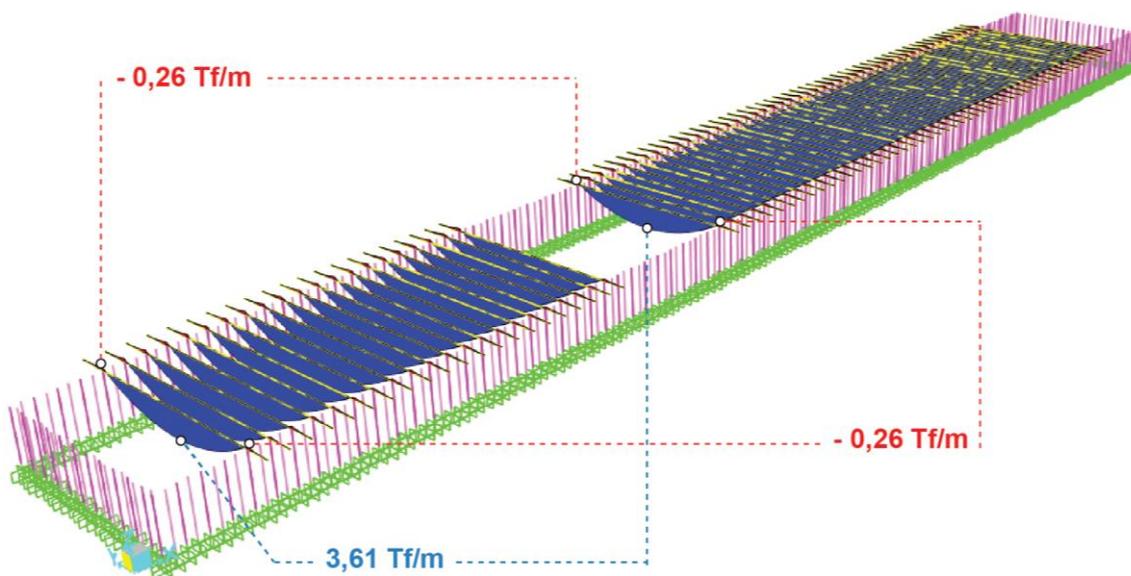


Figura 104 – Diagrama de momento fletor nas vigas de cobertura do CEPLAN  
Fonte: Desenvolvido pelo autor, Programa SAP 2000

Na Figura 105, destaca-se em detalhes, os gráficos de: reações, esforço cortante, momento fletor e descolamentos. Trata-se de um exemplo clássico de uma viga biapoiada, com a extensão de dois balanços.

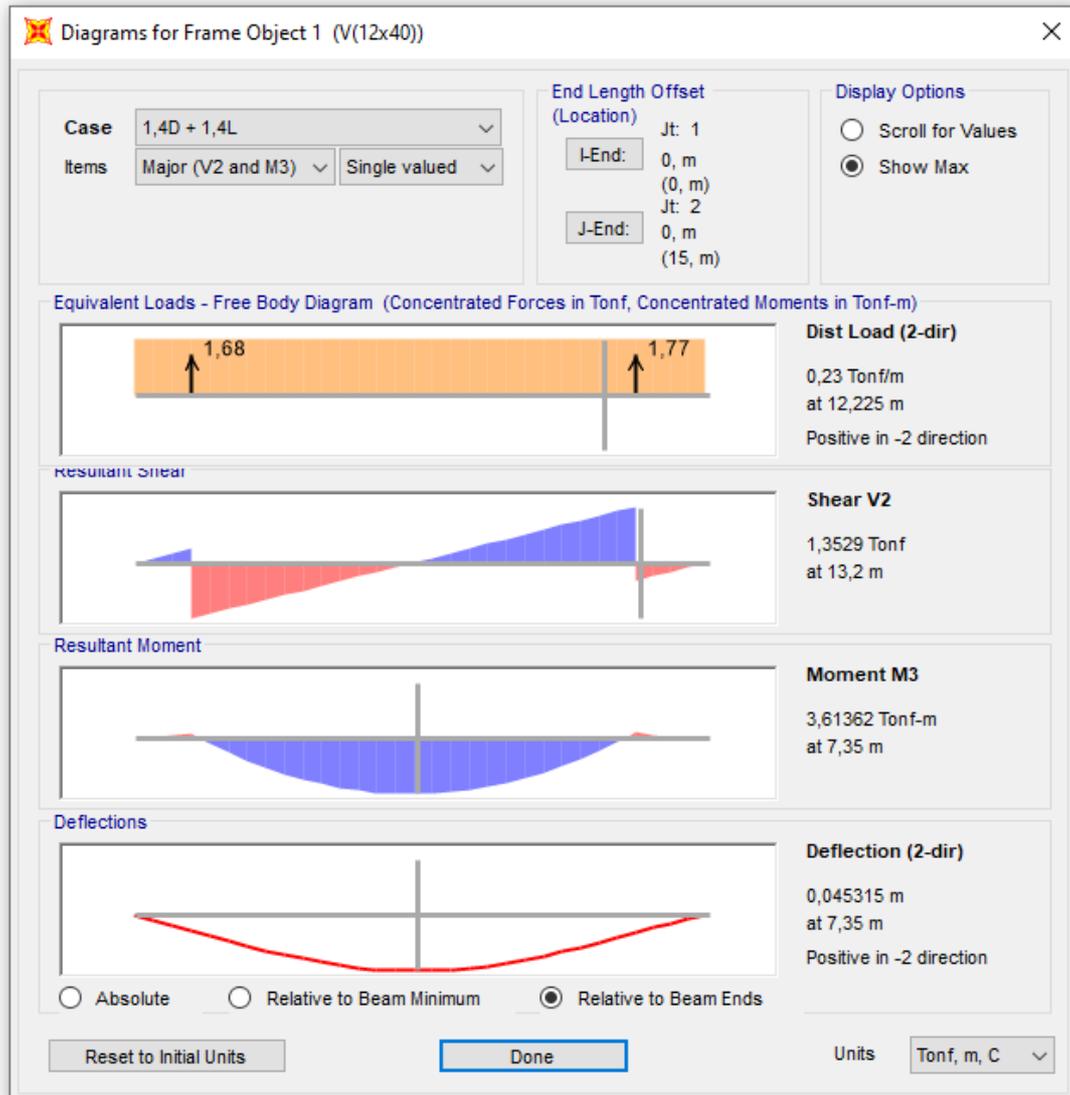


Figura 105 – Diagramas gerados pelo programa SAP 2000 v21 em um modelo da viga de cobertura do CEPLAN

Fonte: Desenvolvido pelo autor, Programa SAP 2000

Na Figura 106 ilustram-se as simulações no programa Ftool, onde foi considerado,  $1,4D + 1,4L$  – Estado limite último (ELU), apresentando a carga distribuída, diagramas de descolamento e momento fletor. Além de simular os apoios em situações distintas, onde: (a) é equivalente a situação atual, (b) considera uma viga apoiada e sem balanços, (c) considera uma viga com um balanço duas vezes maior que a situação atual e (d) que considera uma viga com um balanço de dois metros.

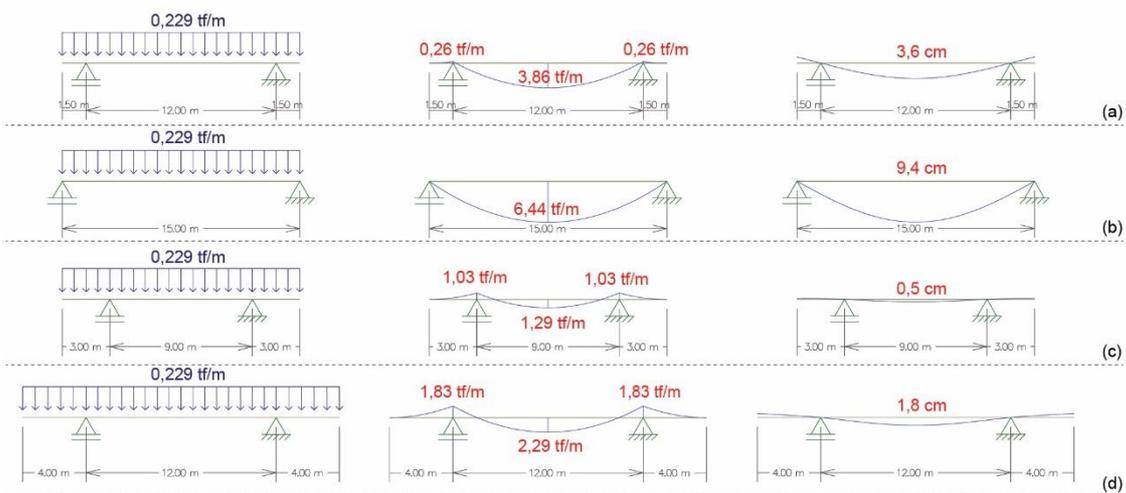


Figura 106 – Diagramas de cargas, momento fletor e deslocamentos  
 Fonte: Desenvolvido pelo autor, Programa Ftool

Os valores obtidos em cada situação revelam alguns aspectos das intenções projetuais e de concepção estrutural: Na situação (a) os valores são bem próximos ao modelo desenvolvido no programa SAP 2000, onde os deslocamentos estão admissíveis e o ponto crítico nos esforços internos (momento fletor) está no centro da viga. Na situação (b), os deslocamentos não são admissíveis com a ABNT NBR 6118/2003 e apresenta um esforço de momento, que percentualmente é 35% maior que a situação atual. Na situação (c), o deslocamento está admissível e apresenta uma boa relação de equilíbrio entre os esforços de momento fletor positivo e negativo. Na situação (d), o deslocamento é admissível e apresenta o melhor balanço entre as forças internas.

É interessante notar que, na situação (d), os esforços de momento fletor negativo – localizados nos balanços – são de aproximadamente 1,83 tf/m e os positivos, são de 2,29 tf/m, demonstrando um melhor equilíbrio interno, quando comparado as demais, inclusive, a situação executada, mas acarretaria em um forma desnecessária ao partido arquitetônico e geraria um maior gasto de material, o que não faria sentido, no contexto das construção da UnB em seus anos iniciais.

Apesar da situação (c) apresentar uma melhor relação entre os esforços internos e um deslocamento no ponto crítico, bastante inferior em comparação a situação atual, possivelmente o partido arquitetônico não

proporcionaria o ganho arquitetônico que o pavilhão com 12 metros possui. Além disso, o uso da protensão, fez-se necessário para moldagem dos elementos estruturais *in loco* e içamento até o seu devido local, o que gerou um esforço incomum em relação a construção de estruturas convencionais.

Na Figura 107, é possível visualizar as diferentes formas do pavilhão, com base na variação dimensional dos vãos centrais, proposta na comparação dos diagramas da Figura 106.

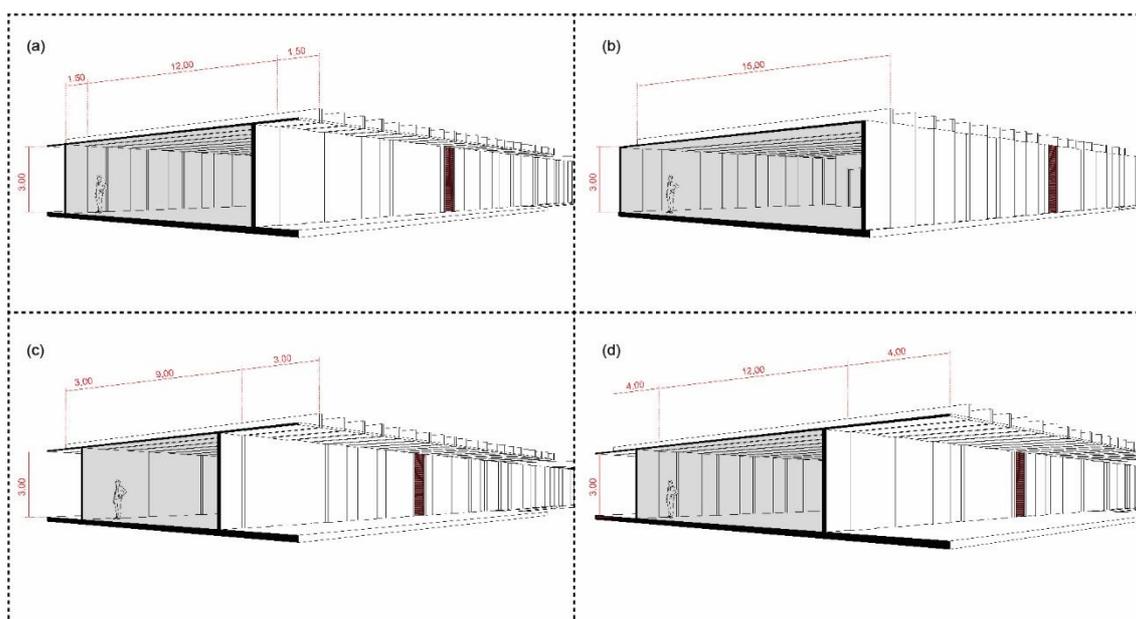


Figura 107 – Variações de dimensão dos vãos centrais  
Fonte: Desenvolvido pelo autor

Conclui-se que a situação executada atende os princípios básicos de equilíbrio estático, tanto externo quanto internos, onde a simplicidade e austeridade propostas para o conjunto, estão presentes nos vínculos do vigamento isostático da cobertura, que foi ancorado e soldado nos painéis de apoio.

No que se refere ao equilíbrio interno, o vigamento do conjunto não apresenta a melhor relação entre os esforços de momento fletor, quando comparado a outras situações de apoio, mas está em conformidade com a arquitetura proposta e com normativos atuais.

O SG10 foi fruto dessa experimentação idealizada por Niemeyer e produzida por Lelé; além, é claro, da equipe de professores e alunos do ICA

FAU, onde a simplificação do processo de projeto, do partido arquitetônico e das soluções construtivas e estruturais foram de grande importância para a viabilização do processo de pré-moldagem, criando um espaço singular, que, posteriormente, serviu de ateliê para diversas experiências posteriores.

A construção do conjunto arquitetônico de Serviços Gerais, que inclui o pavilhão SG 10 (ou CEPLAN) foi uma experiência pioneira com construção industrializada, em um contexto de grande precariedade tecnológica e de mão de obra. A excursão de Niemeyer nos de 1950 e, posteriormente, a de Lelé, pelo leste europeu, contribuíram para assimilação de novas técnicas que foram adaptadas a realidade brasileira e ao sentido de urgência da construção da UnB.

## 4.2 Blocos de Apartamentos da Colina | Bloco A e D

O conjunto arquitetônico da Colina foi construído na expectativa de suprir o déficit habitacional que havia no *campus* abrigando, especialmente o corpo docente, que vinha de diversas partes do país, Nos anos de 1961 e 1962 o *campus* Darcy Ribeiro recebeu suas primeiras construções, em uma área de aproximadamente 13.000m<sup>2</sup>, 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 (SCHLEE, 2014).



Figura 108 – Foto aérea do conjunto arquitetônico da Colina  
Fonte: Foto de Lucas Parahyba, 2017. Acervo do autor

Os blocos de apartamento da Colina (Figura 108) 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 S/A, 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 blocos de apartamento da Colina estão localizados na Gleba A, na porção noroeste do *Campus Darcy Ribeiro*, da Universidade de Brasília (Figura 109), próximo a via L3 norte. O conjunto é composto por quatro edificações – os blocos A, B, C e D.



Figura 109 – Implantação do conjunto arquitetônico da Colina  
Fonte: Geoportal Segeth com auxílio do programa Illustrator. Desenvolvido pelo autor

Na Figura 110, ilustra-se o conjunto arquitetônico da Colina nos primeiros anos da UnB. O conjunto destaca-se pelo pioneirismo do uso da pré-fabricação no uso habitacional, com tecnologia brasileira (CAVALCANTE, 2015).



Figura 110 – Conjunto arquitetônico da Colina: Bloco A (esquerda), Bloco C (direita) e Bloco B (centro)  
Fonte: ACRÓPOLE, 1970

Durante a concepção do projeto, Lelé teve a oportunidade de consultar Lucio Costa em relação à parte urbanística. Em entrevista com Marcelo Ferraz, o arquiteto descreve sua experiência:

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. (LATORRACA, 1999).

O estudo de caso apresentará a descrição arquitetônica do sistema estrutural e do processo de construção industrializada do Bloco A (Figura 111) e D do conjunto arquitetônico da Colina. As informações foram levantadas por meio de pesquisas bibliográficas, publicações em periódicos e levantamento dimensional *in loco*. O roteiro de análise estrutural segue os mesmos moldes do estudo de caso anterior, utilizando o programa SAP 2000 v21 para geração dos diagramas tridimensionais e o programa Ftool, como ferramenta auxiliar as análises.



Figura 111 – Foto aérea do Bloco A

Fonte: Foto de Lucas Parahyba, 2017. Acervo do autor

## Arquitetura

O conjunto arquitetônico da Colina – também conhecido como Colina Velha – é destinado, atualmente, aos servidores da UnB. Antes, serviu de moradia para alunos e professores (SCHLEE, 2014). Os blocos A e D do conjunto, possuem quatro prumadas e uma área construída de aproximadamente 4.204m<sup>2</sup>; os menores (B e C), uma prumada a menos e uma área construída de 2.699m<sup>2</sup>.

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: 144m<sup>2</sup>, Tipo II: 108m<sup>2</sup> e Tipo III: 84m<sup>2</sup>). Além disso a compartimentação interna é bastante flexível, com a separação de ambientes feita por meio de divisórias e armários. Essa flexibilidade é ilustrada na Figura 112, onde os dois primeiros pavimentos eram compostos por seis apartamentos, com 8 dormitórios cada.

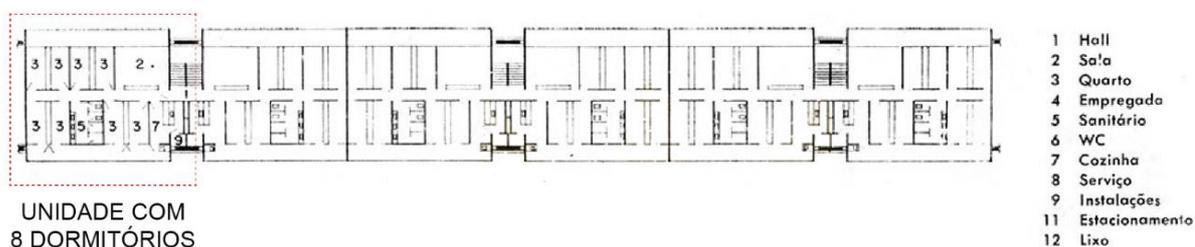
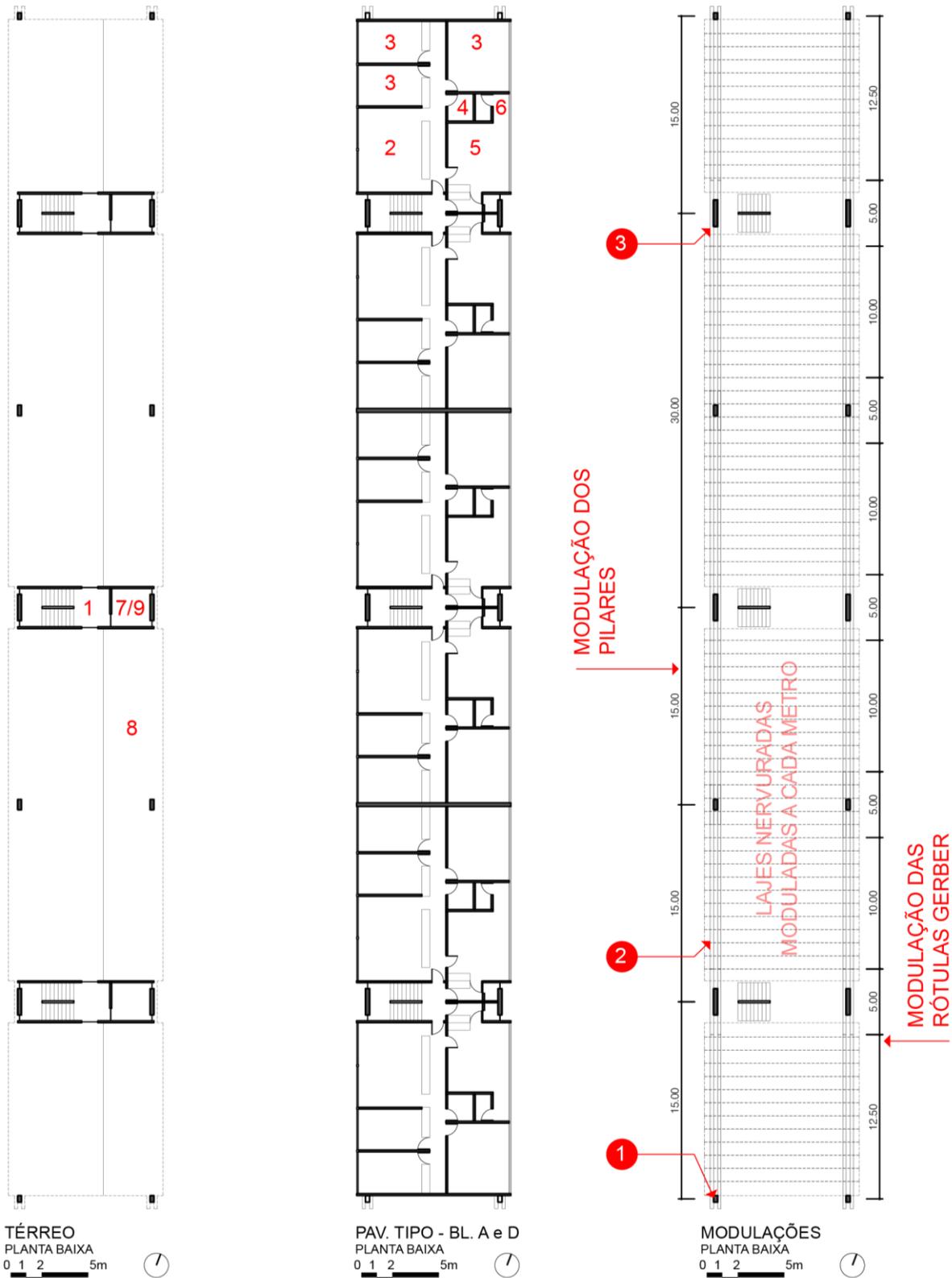


Figura 112 – Layout do Bloco A com 8 dormitórios

Fonte: Acrópole

O programa está disposto em um edifício de planta retangular de dimensões 12x89,5 metros, elevado sob pilotis com duas linhas de pilares moduladas a cada 15 metros. Com relação à sua orientação, o Bloco A está disposto 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, compostas por painéis de cobogós.

A Figura 113 destaca as plantas baixas do térreo, pavimento tipo com unidades de três dormitórios e de modulação dos elementos estruturais que compõem a edificação.



LEGENDA:  
 1 - HALL - 2 - SALA - 3 - QUARTO - 4 - SANITÁRIO - 5 - COZINHA  
 6 - SERVIÇO 7 - INSTALAÇÕES - 8 - ESTACIONAMENTO - 9 - LIXO

LEGENDA:  
 1 PILAR (30x50cm)    3 PILAR (30x200cm)  
 2 VIGA DUPLA (25x65cm)

Figura 113 – Planta baixa, planta de cobertura e modulações do Bloco A e D da Colina  
 Fonte: Desenvolvido pelo autor

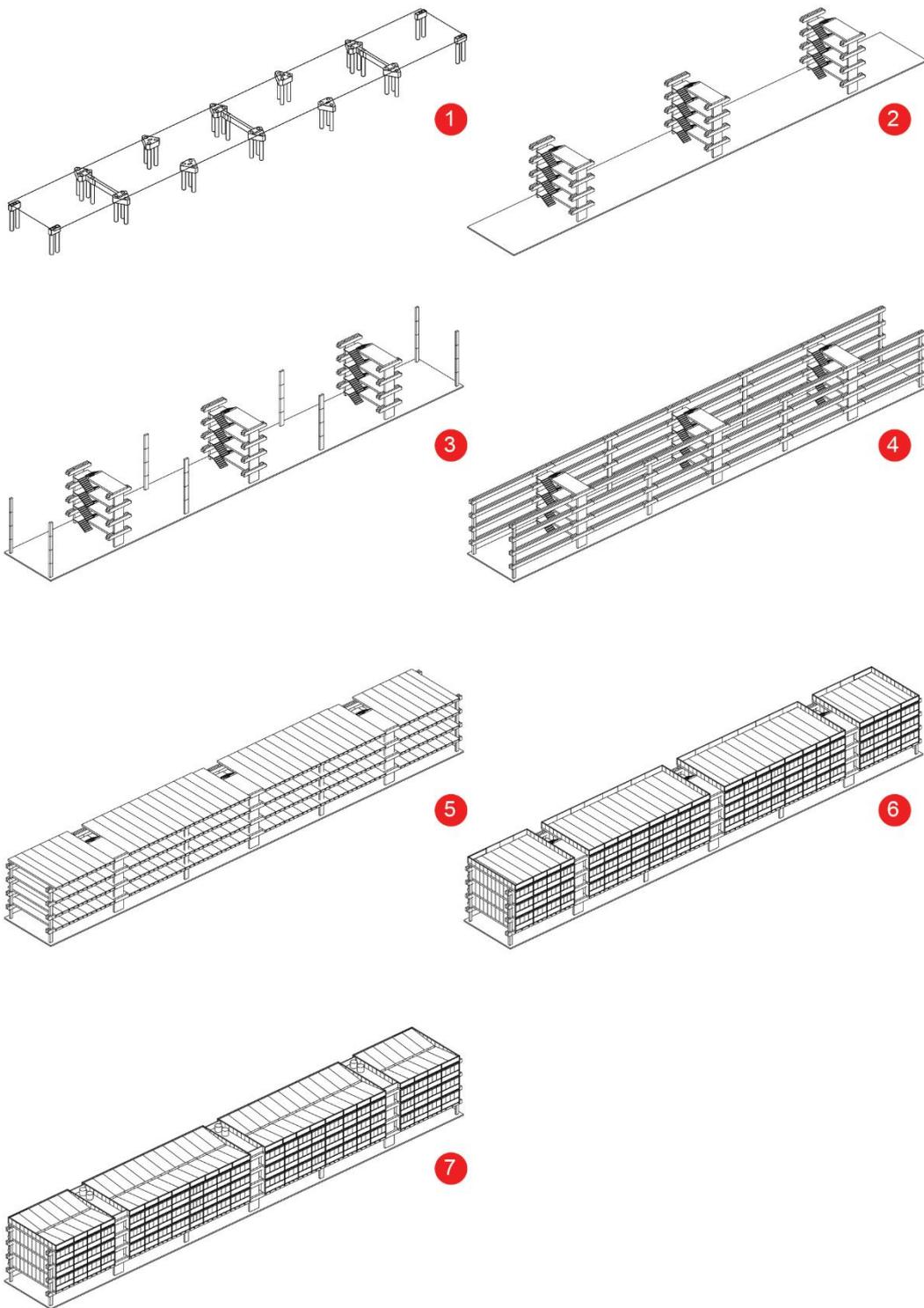
É importante salientar que o sistema construtivo do conjunto da Colina é inteiramente antagônico ao que se vinha praticando na Europa, que utilizava painéis portantes de vedação. O sistema “Camus”, citado por Lelé como sendo padrão na União Soviética e no Leste Europeu, não oferecia a flexibilidade desejada para os espaços. Todas as divisões internas têm como base o módulo 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 (VASCONCELLOS, 2016).

Seguindo a mesma linha do conjunto arquitetônico de Serviços Gerais, os edifícios da Colina vão presar pela flexibilidade dos espaços, simplificação do projeto e o uso majoritário de elementos pré-moldados, visando a economia, agilidade construtiva e qualidade arquitetônica.

### **Sistemas Estruturais e Técnica Construtiva**

O sistema estrutural adotado utiliza os conjuntos de circulação vertical fundidos *in loco* como elementos responsáveis pelo contraventamento e rigidez da construção. Os elementos que suportam as estruturas pré-moldadas constam de vigas 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 (ACRÓPOLE, 1970). Neles, apoiam-se as lajes nervuradas também protendidas, que constituem os pisos dos apartamentos. As instalações elétricas e hidráulicas alojam-se aparentes na alma da viga de seção retangular dupla.

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*, visando a estabilidade e o contraventamento do edifício. As camadas construtivas da Colina – ilustradas na Figura 114 – destacam o processo de montagem dos elementos construtivos, onde os primeiros elementos a serem construídos na superfície do solo são os núcleos rígidos.



LEGENDA:

- 1 - FUNDAÇÕES - 2 - CONJUNTO FUNDIDO NO LOCAL - 3 - PILARES PRÉ-MOLDADOS - 4 - VIGAS  
 DUPLAS PRÉ-MOLDADAS - 5 - LAJES NERVURADAS - 6 - ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS DA FACHADA  
 7 - ELEMENTOS DE COBERTURA

Figura 114 – Camadas construtivas do Bloco A e D da Colina  
 Fonte: Desenvolvido pelo autor

A necessidade de trazer rigidez às caixas de circulação vertical são refletidas na execução das fundações, elaboradas por meio do sistema de estacas de blocos de concreto. No detalhamento – ilustrado na Figura 115 – é possível identificar os únicos trechos em que há viga de fundação – que é exatamente nos pontos, onde estão localadas as caixas de circulação vertical

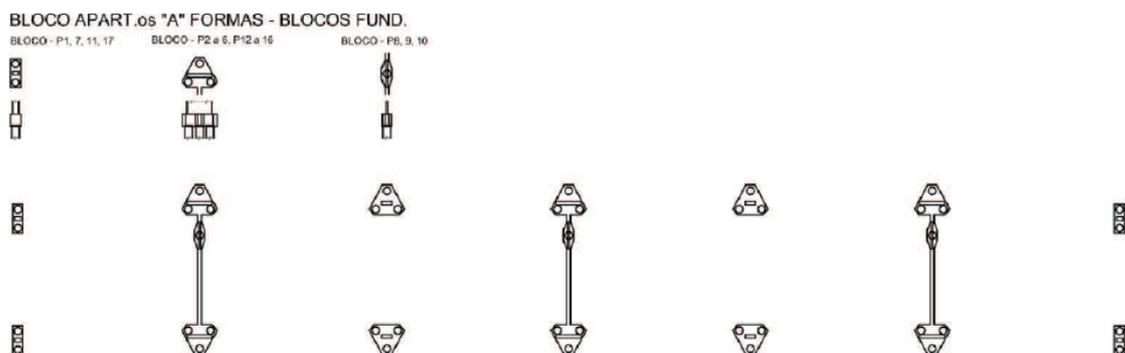


Figura 115 – Detalhamento das fundações dos Blocos A e D  
Fonte: KRUGER, 2016

Na Figura 116, destacam-se as torres moldadas *in loco* de todos os blocos do conjunto à espera da montagem das vigas, pilares, vigas pré-moldadas e lajes nervuradas.

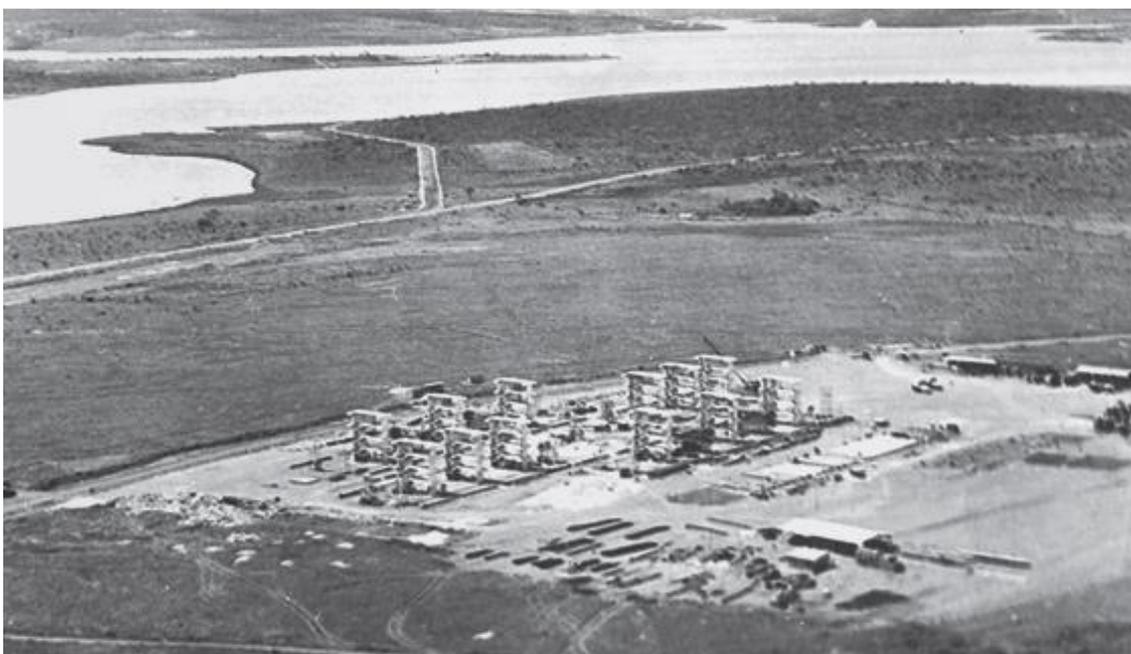


Figura 116 – Torres de circulação vertical, antes da montagem das vigas  
Fonte: CAVALCANTE, 2015

Durante esta etapa da obra, em maio de 1963, o então Presidente do Brasil, João Goulart, visitou as obras do conjunto arquitetônico da Colina, acompanhado de demais autoridades. Na figura 117, 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 117 – 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

Nos croquis desenvolvidos por Lelé – na Figura 118 – são destacados, os elementos pré-moldados que compõem o restante do sistema estrutural, além de ressaltar o processo construtivo e as formas de ancoragem.

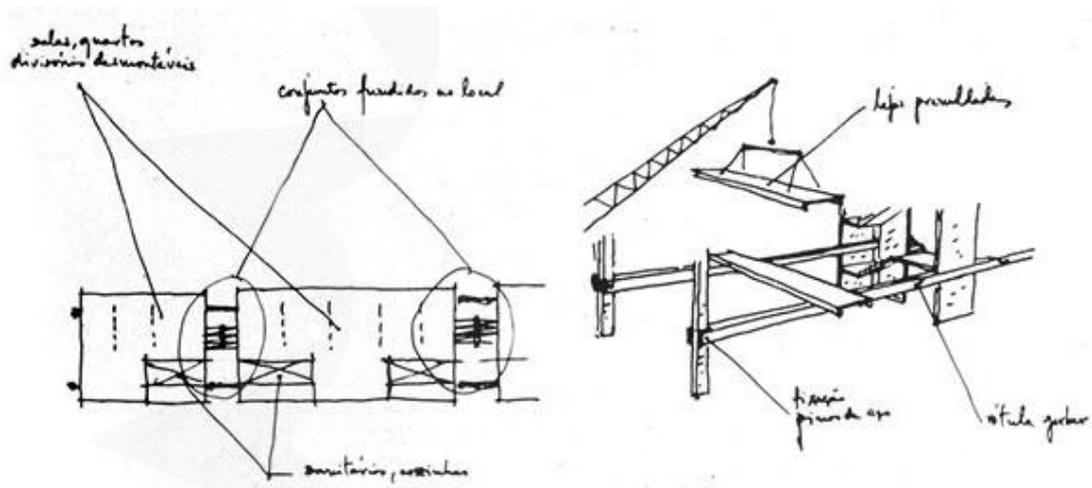


Figura 118 - Croqui ilustrativo do processo de montagem feito por Lelé  
 Fonte: ACRÓPOLE, 1970

A partir dos núcleos rígidos moldados *in loco*, foram pré-estabelecidas esperas das rótulas *gerber* que recebem as vigas duplas de seção “U” em concreto armado protendido. Na alma das vigas, foram previstas as passagens das instalações – como ilustrado na Figura 119.

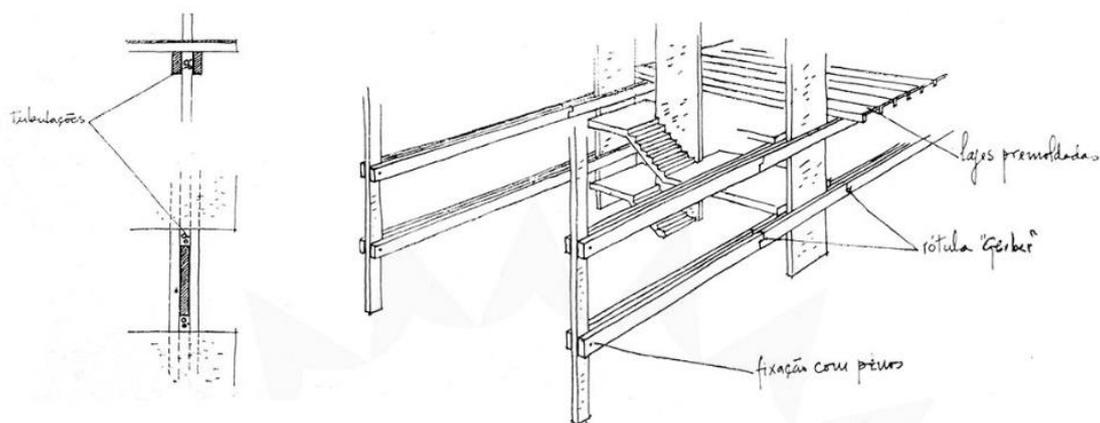


Figura 119 – Croqui ilustrativo da seção da estrutura e seus elementos estruturais feito por Lelé.  
 Fonte: ACRÓPOLE, 1970

As vigas longitudinais foram ancoradas nos pilares pré-moldados de seção (30x50cm) e modulados junto ao núcleo de circulação vertical a cada 15 metros. Esta ancoragem foi feita por meio de um pino de aço (Figura 120). 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 (GUIMARÃES, TAULOIS, *et al.*, 1979), seguindo uma lógica de encaixe.

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...” [...] (GUIMARÃES, TAULOIS, *et al.*, 1979).



Figura 120 – 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 que Vasconcellos (2016) intitula de efeito “baralho de cartas”, já que nas empenas não possuem elementos estruturais.

O sistema estrutural completa-se com as lajes nervuradas, biapoiadas nas vigas duplas do sentido transversal em um vão de 10 metros, com um balanço de 1 metro em cada lado. As lajes possuem uma espessura de aproximadamente 7cm e amarradas em vigas protendidas de seção “V”, que estão espaçadas a cada metro.

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. Na Figura 121 destacam-se todos os elementos estruturais que compõem os blocos A e D do conjunto arquitetônico da Colina,

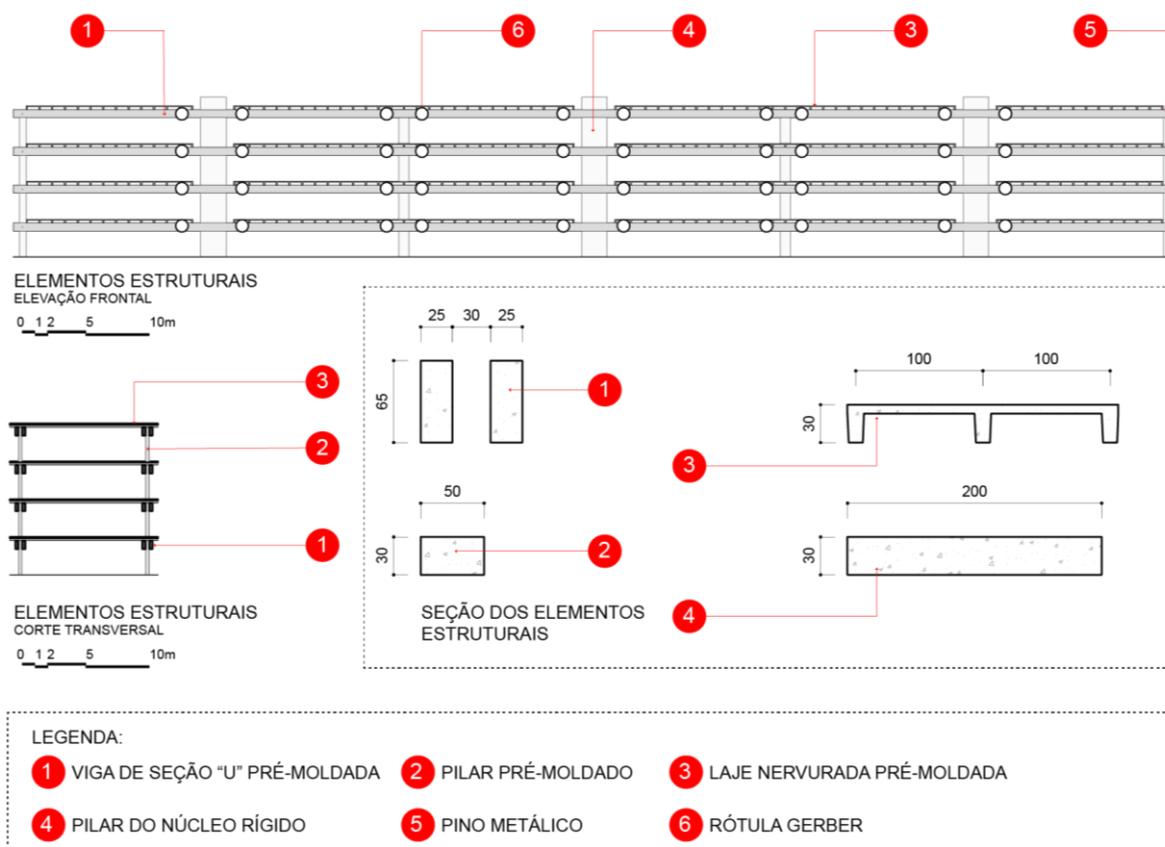


Figura 121 – Elementos estruturais e dimensões

Fonte: Desenvolvido pelo autor

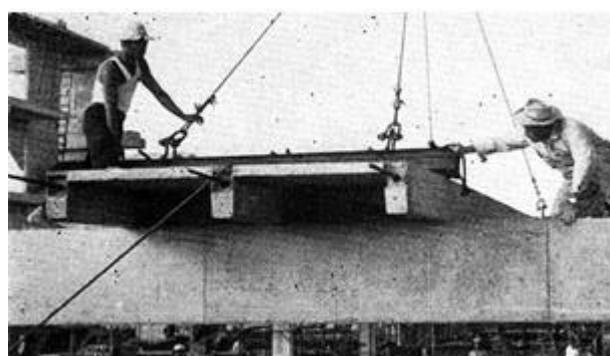
As lajes, os pilares e as vigas duplas foram pré-moldadas e protendidas em fábrica montada no canteiro de obras, seguindo um processo semelhante ao ciclo de pré-fabricação fechada, mas que permitia certa flexibilidade, resultando em blocos com os mesmos componentes, mas possuíam características dimensionais distintas.

Nas Figuras 122 e 123 é possível identificar o processo de fabricação das vigas duplas longitudinais e o içamento das lajes nervuradas. Com a

disponibilidade do espaço, foi possível realizar a concretagem e a protensão bem próximas ao local definitivo dos elementos fabricados.



Figura 122 – Construção do Bloco A do conjunto arquitetônico da Colina. Destaque para a produção das vigas no canteiro  
Fonte: UnB Agência



(a) (b)

Figura 123 – Construção da Colina: (a) protensão das vigas duplas longitudinais (b) içamento das lajes nervuradas  
Fonte: ACRÓPOLE, 1970

Na dissertação de Luís Henrique Pessina, concluída em 1964 e disponível em Fuentes (2017), foi destacado o processo de construção das primeiras experiências com pré-fabricação na UnB. Entre elas está a construção

dos blocos da Colina. Nas Figuras 124 e 125, é possível identificar o maquinário utilizado para içamento das vigas duplas.



Figura 124 – Início da montagem do terceiro pavimento  
Fonte: PESSINA, 1964



Figura 125 – Início da montagem do terceiro pavimento  
Fonte: PESSINA, 1964

Com a montagem do “esqueleto”, foram inseridos os componentes de vedação (Figura 126), também, pré-moldados. 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.

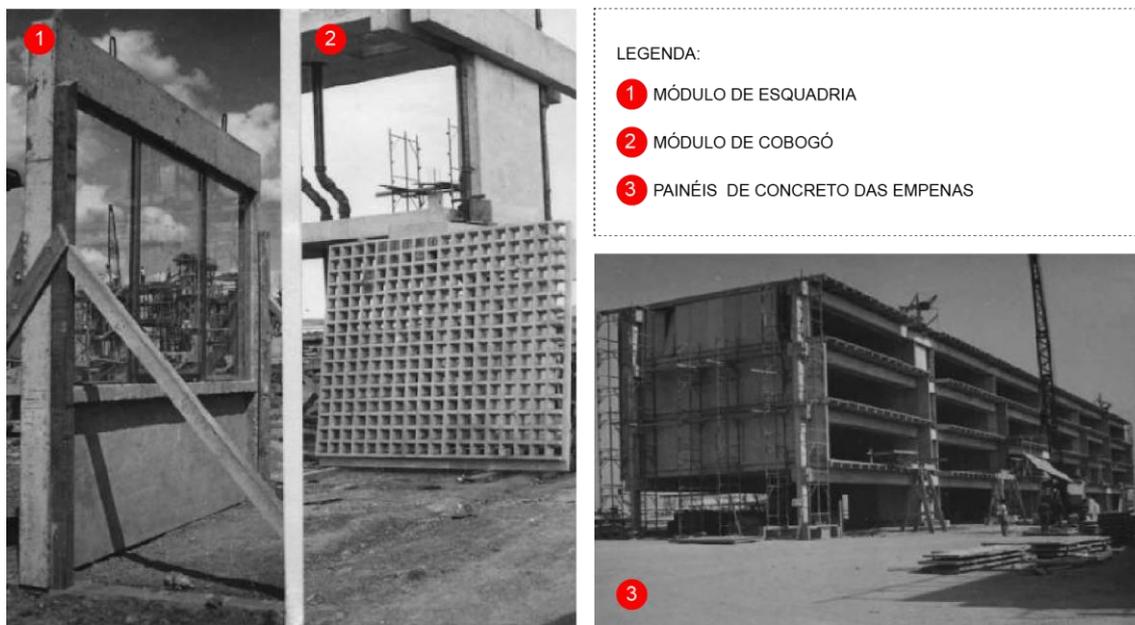


Figura 126 – Elementos de vedação  
Fonte: PESSINA, 1964



Figura 127 - 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

A Figura 127, ilustra a visita do Presidente João Goulart junto a demais autoridades. Vale frisar as ranhuras nos módulos para fixação das esquadrias, que foram pré-definidas. Essa placa foi içada e fixada nos trechos em balanço da estrutura, assim como os módulos de cobogós.

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.

### **Análise Estrutural**

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;
- Revisão bibliográfica realizada em pesquisas acadêmicas, livros e periódicos, especialmente a edição 369 de 1970 da Revista Acrópole de 1970.

Na Tabela 2, foram descritos os elementos e dimensões dos componentes estruturais para o modelo estrutural (Figura 128) desenvolvido no programa 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.

Por meio das orientações da NBR 6120/86 (ABNT, 1980), foram aplicados; o carregamento acidental (LIVE-L) de 100Kgf/m<sup>2</sup> nas lajes de

cobertura – 100Kgf/m<sup>2</sup> equivalentes ao revestimento e 200 Kgf/m<sup>2</sup> de carregamento acidental nas lajes do pavimento tipo, além do peso próprio (DEAD – D). Para as análises numéricas, foram utilizadas as seguintes combinações de carga: 1,0D + 1,0L – Estado limite de serviço (ELS) e 1,4D + 1,4L – Estado limite último (ELU).

#### 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 2 – 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

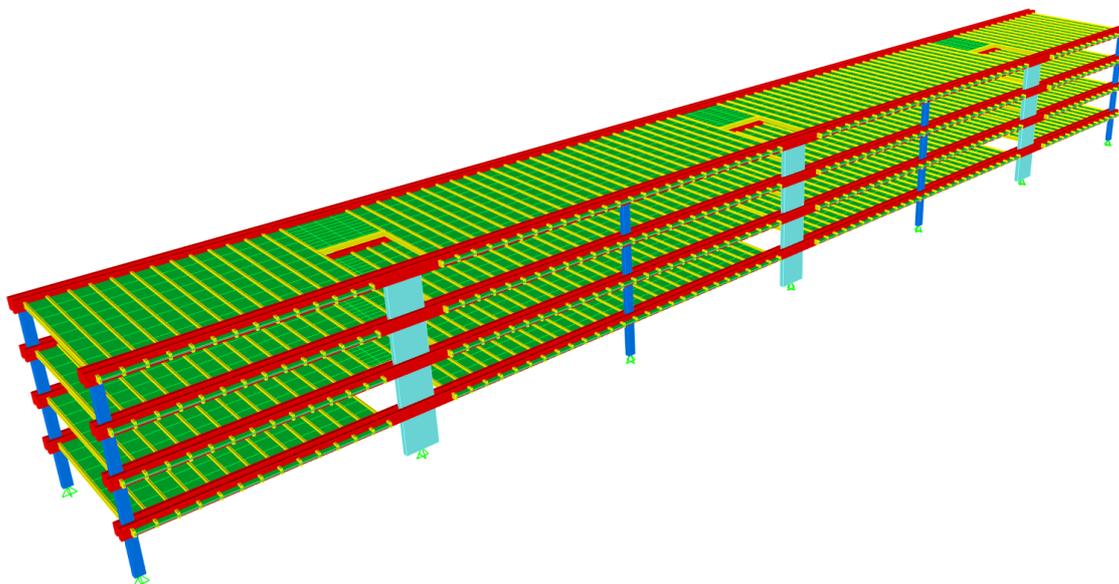


Figura 128 – Modelo estrutural do Bloco A e D da Colina

Fonte: Desenvolvido pelo autor, Programa SAP 2000

Para análise estrutural do Bloco 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.

Na Figura 129, 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.

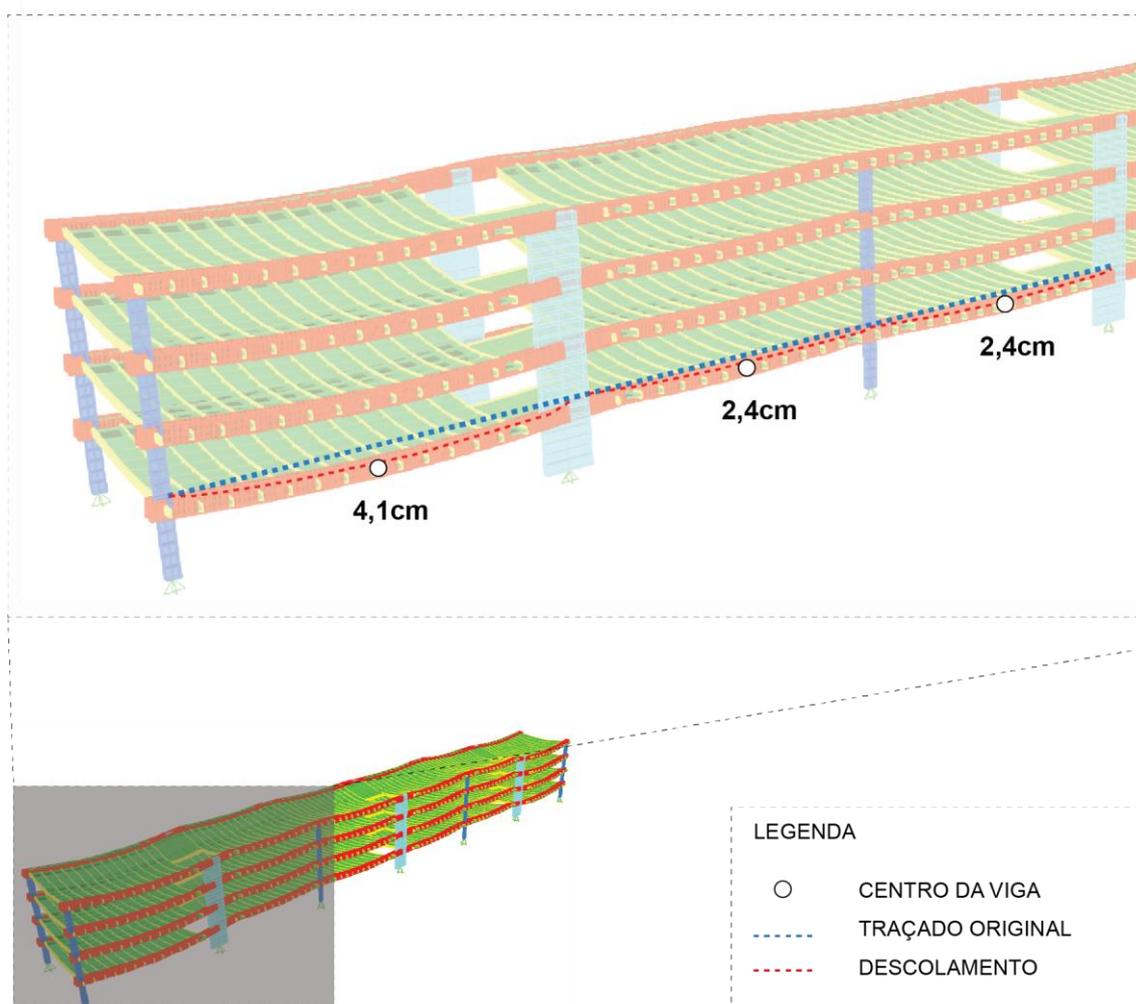


Figura 129 – Diagrama de deslocamentos da viga longitudinal  
Fonte: Desenvolvido pelo autor, Programa SAP 2000

A edificação projetada nos anos de 1960 atente os deslocamentos admissíveis das normas vigentes (ABNT NBR 6118/2003), como exposto na Equação 2. 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 2 – Deslocamento admissível, conforme a NBR 6118/2003

A Figura 130, 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.

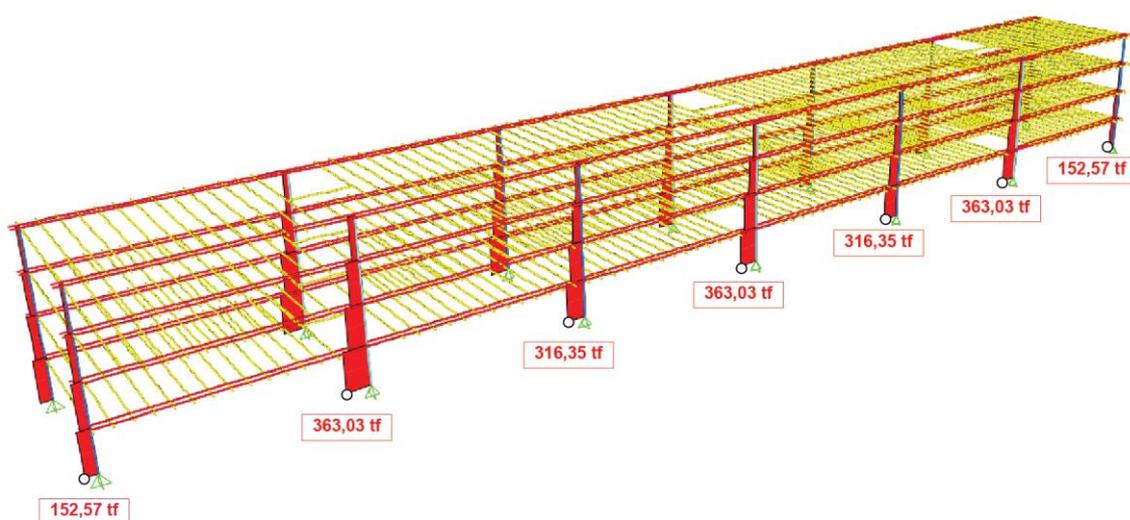


Figura 130 – Diagrama de esforços normais nos pilares do Bloco A e D  
Fonte: Desenvolvido pelo autor, Programa SAP 2000

Os pilares de menor seção – especialmente os locados entre os núcleos rígidos – apresentam as maiores tensões no arrojado estrutural, sendo os da extremidade, 10,17 Mpa, e os centrais 21,09 Mpa. As tensões nos pilares centrais refletiram-se no dimensionamento e na quantidade de estacas de fundação – ilustrada na Figura 115.

No diagrama tridimensional de momentos fletores (Figura 131), os pontos críticos estão nos trechos da extremidade, com esforços positivos de 49,54 tf/m.

■ MOMENTO POSITIVO  
■ MOMENTO NEGATIVO

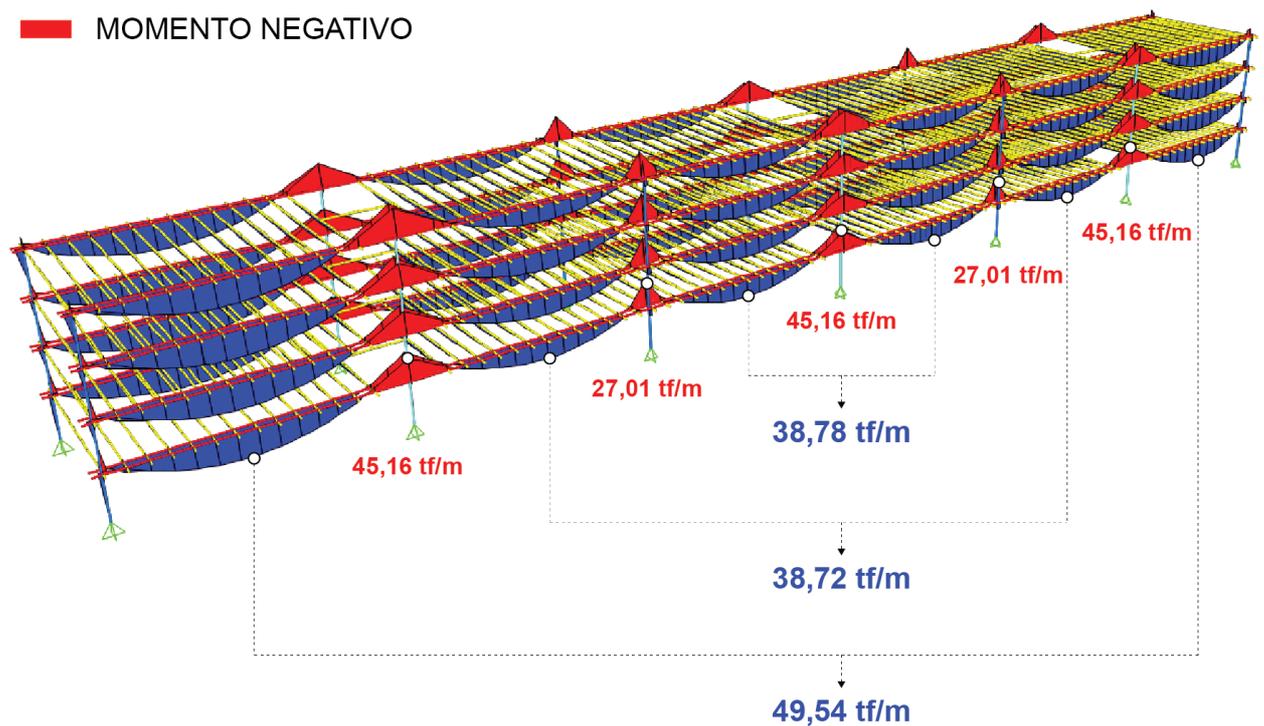


Figura 131 – Diagrama de momento fletor nas vigas longitudinais do Bloco A e D  
Fonte: Desenvolvido pelo autor, Programa SAP 2000

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. Vale ressaltar, que na elaboração destes diagramas foram utilizados o ELU.

Na Figura 133, estão em destaque: as reações, os gráficos de esforço cortante, momento fletor e deslocamentos para a viga das extremidades, estas com um vão de aproximado de 12,5 metros. A Figura 135 apresenta os mesmos diagramas, mas para o trecho de viga de 5 metros nos núcleos rígidos, onde estão as esperas das rótulas *gerber*. As Figuras 132 e 134 ilustra os dois trechos em destaque e supracitados nos diagramas.



Figura 132 – Trecho de 12,5 metros  
 Fonte: Acervo do autor

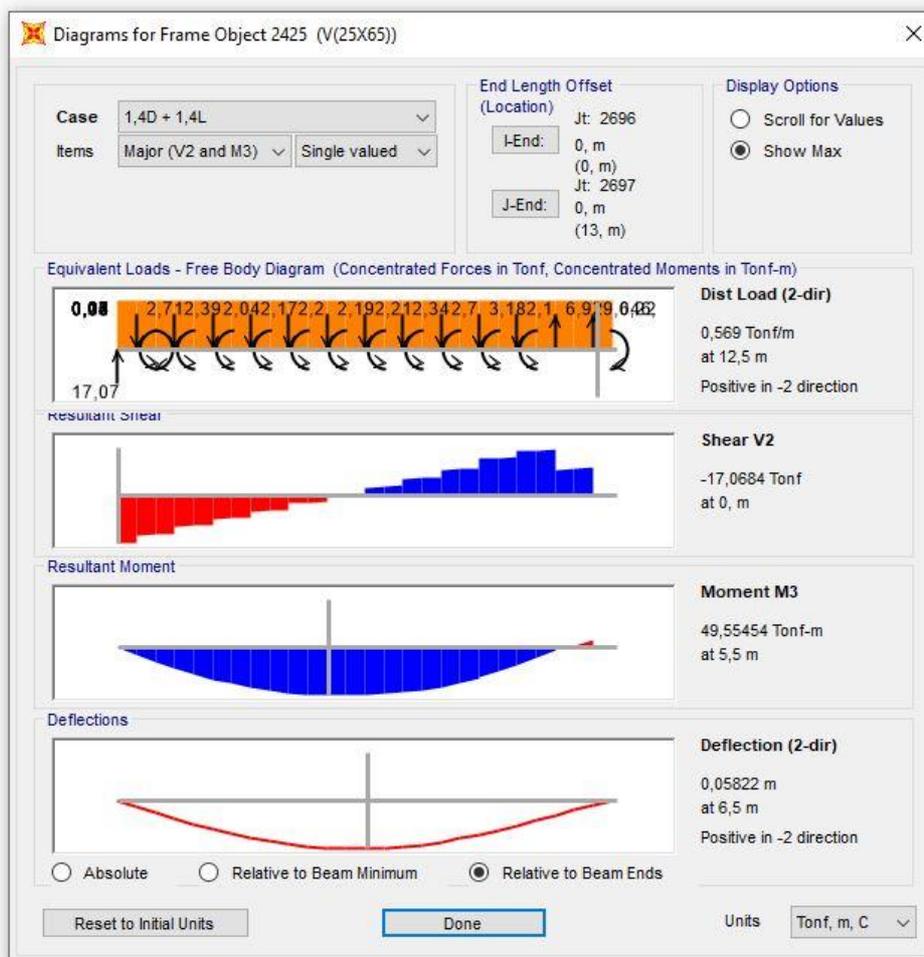


Figura 133 – Trecho de 12,5 metros. Diagramas gerados da viga longitudinal  
 Fonte: Desenvolvido pelo autor, Programa SAP 2000



Figura 134 – Trecho de 5 metros  
 Fonte: Acervo do autor

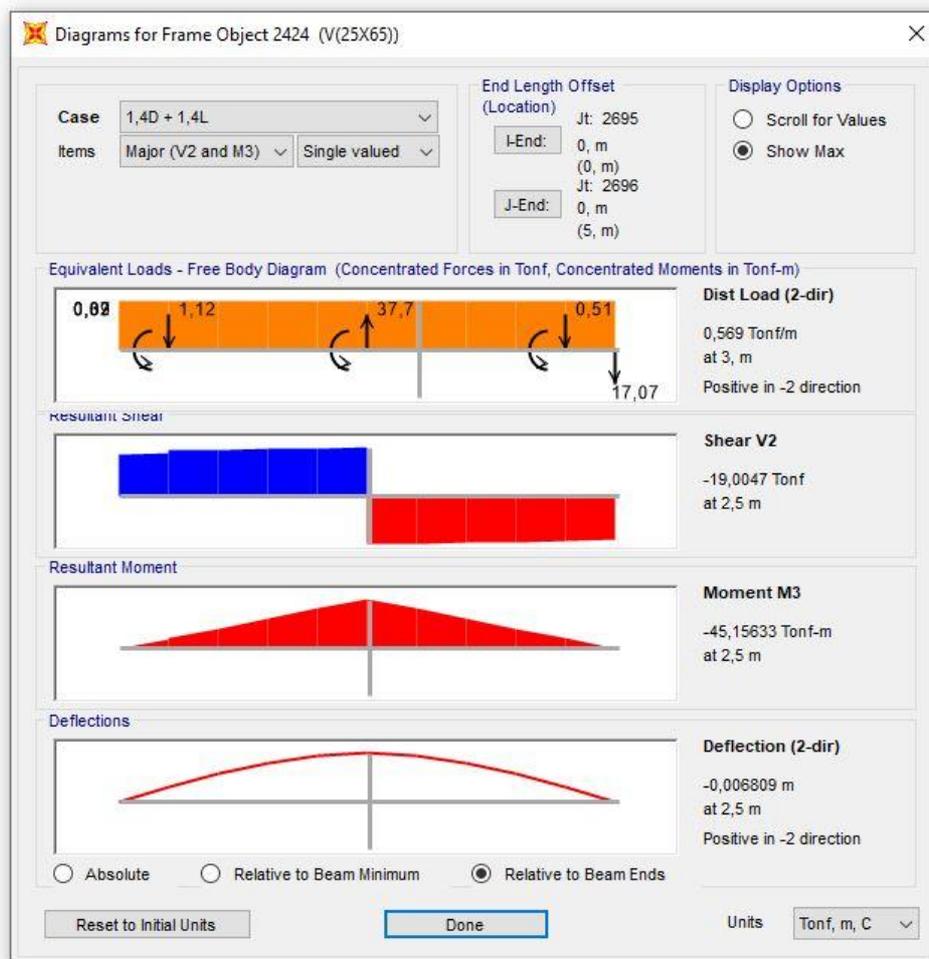


Figura 135 – Trecho de 5 metros. Diagramas gerados da viga longitudinal  
 Fonte: Desenvolvido pelo autor, Programa SAP 2000

Para compreender a importância do sistema de rótulas no arrojado estrutural do Bloco A e D da Colina, foi simulado, no programa Ftool os apoios e o vigaamento longitudinal, onde foram levados em consideração o ELU e um fck de 250 Kgf/cm<sup>2</sup>.

Os diagramas da Figura 136 representam o sistema estrutural sem as rótulas *gerber*, O conjunto é composto, também, por uma estrutura isostática e biapoiadas em vãos de 15 metros de comprimento. Vale ressaltar que a modulação dos pilares e suas dimensões foram mantidas e consideradas.

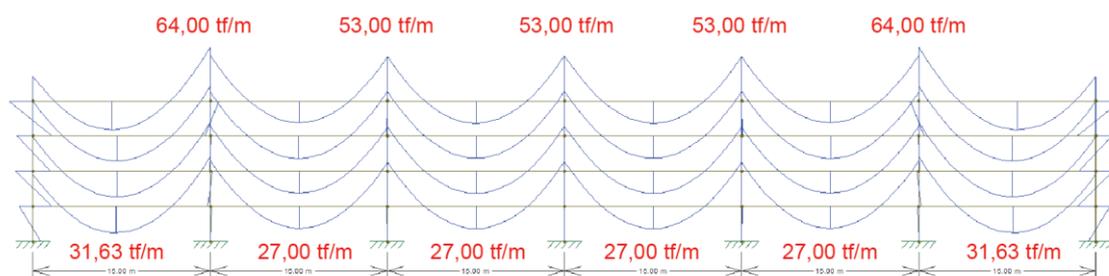


DIAGRAMA DE MOMENTO FLETOR | SEM RÓTULAS GERBER

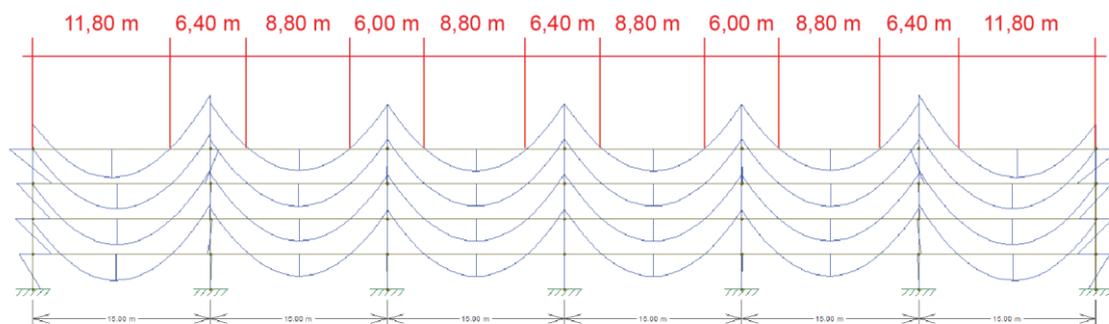


DIAGRAMA DE MOMENTO FLETOR | TRANSIÇÃO DOS MOMENTOS

Figura 136 – 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 136, estes 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 vigaamento isostático longitudinal, que desempenha um papel fundamental na sustentação dos demais elementos da edificação.

Na Figura 137, ilustram-se os diagramas de cargas, desenvolvidos no programa Ftool, onde foi considerado,  $1,4D + 1,4L$  – Estado limite último (ELU), 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 136 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.

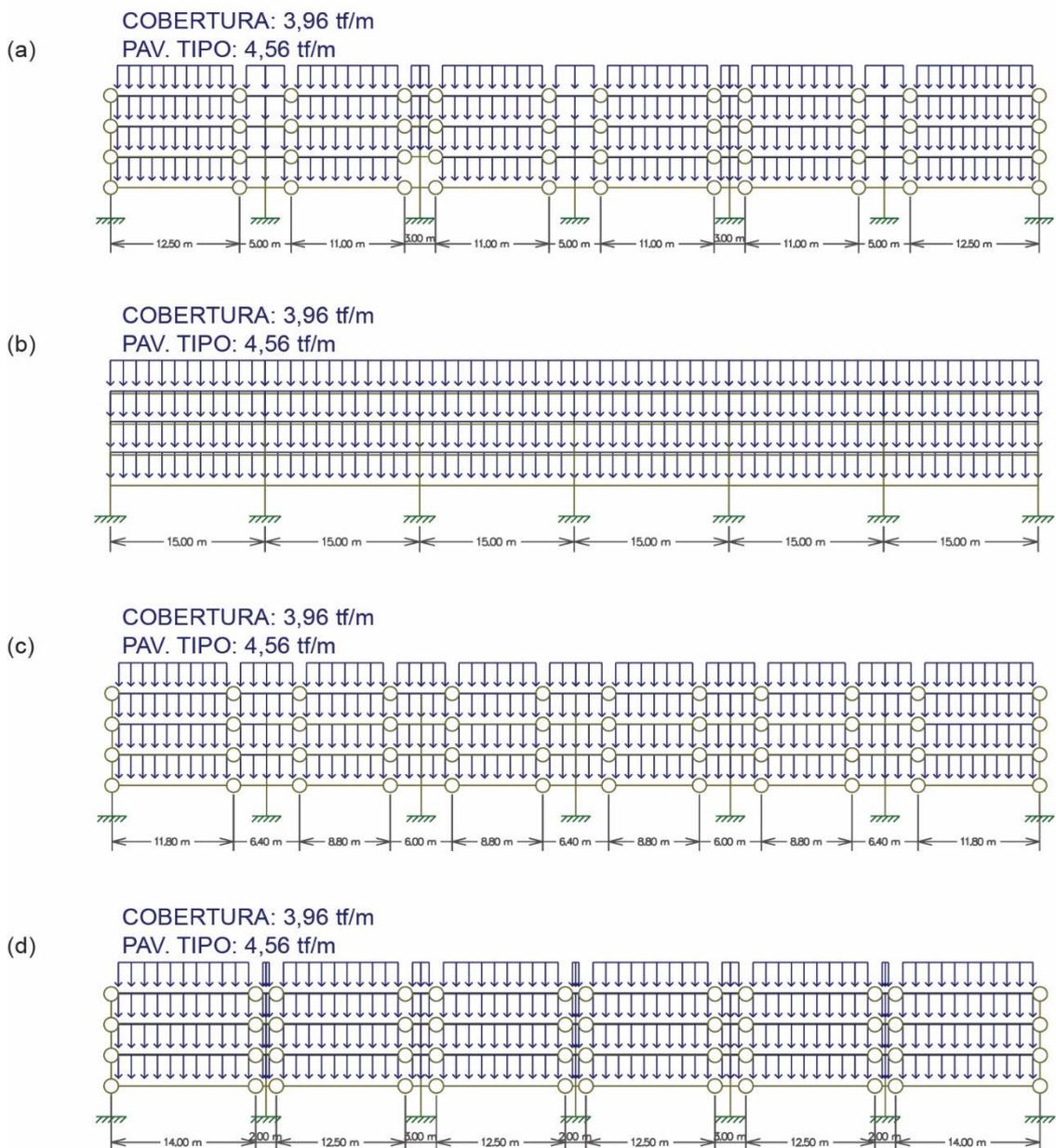


Figura 137 – Diagramas de cargas  
Fonte: Desenvolvido pelo autor, Programa Ftool

Na Figura 138, destacam-se os diagramas de momento fletor, com base nas situações levantadas na Figura 137 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 entornro de 44,56 tf/m e, negativo por volta de 42,75 tf/m. Nas situações (b) e (c), ilustram a questão levantada na Figura 136, sendo os esforços internos negativos, os mais potencializados com a variação das rótulas (na situação c/d), ou com a ausência destas (situação b).

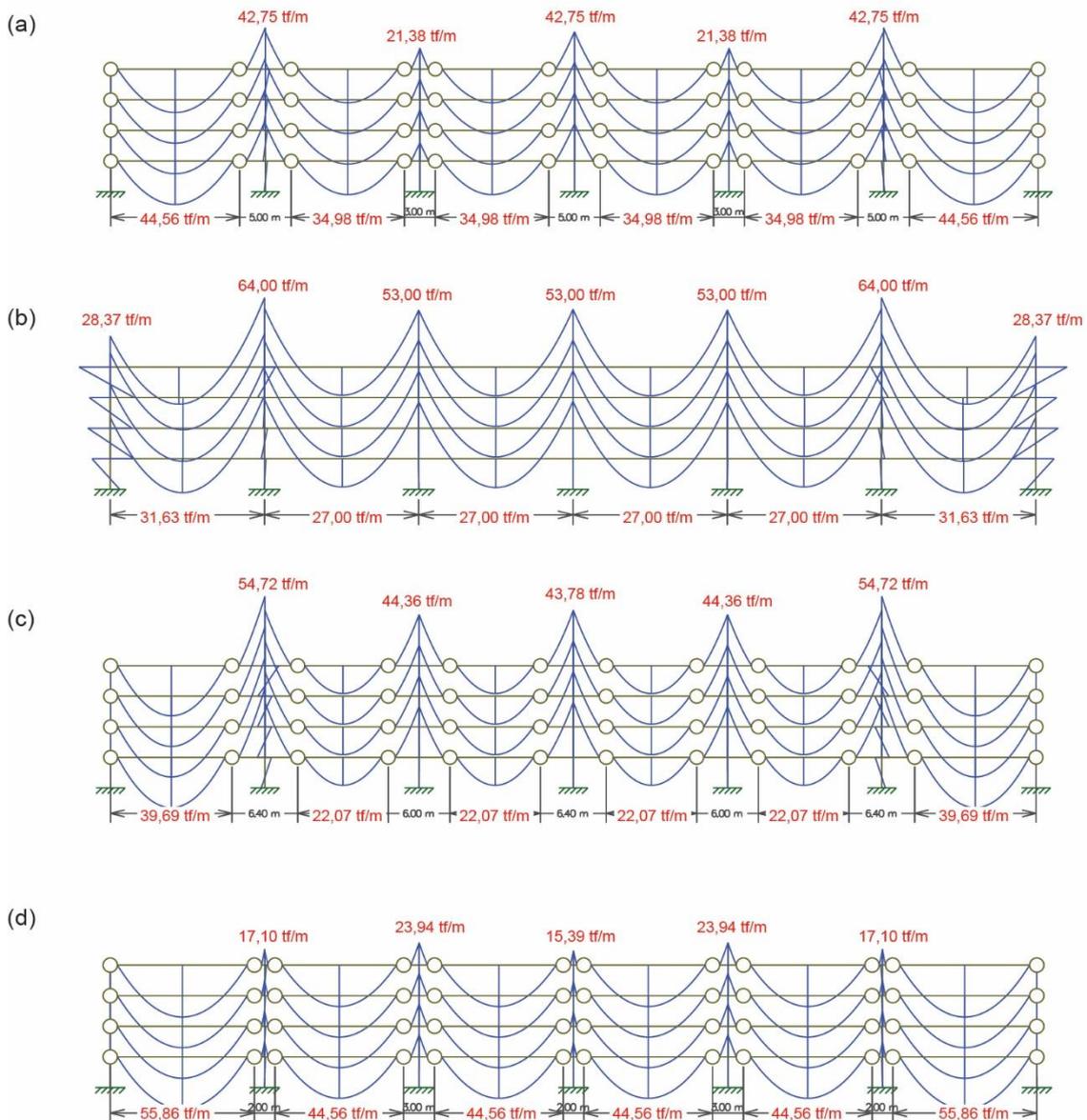
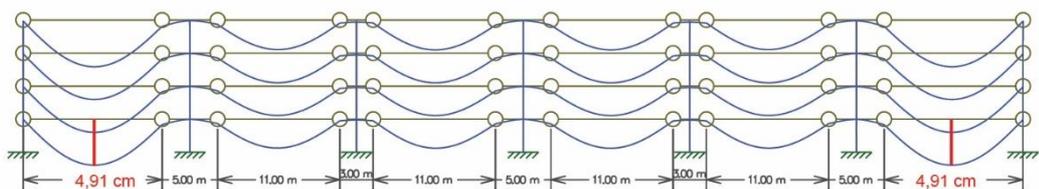


Figura 138 – Diagramas de momento fletor  
 Fonte: Desenvolvido pelo autor, Programa Ftool

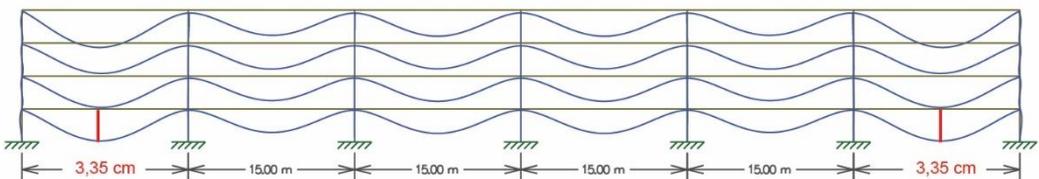
Na situação (d) da Figura 138, vale destacar a redução nos esforços de momento fletor negativo, nos trechos em que a viga no núcleo rígido foi reduzida para dois metros de comprimento, todavia, esta ação contribui para o aumento do vão das extremidades, acarretando em um esforço interno positivo, bastante elevado, quando comparado com a situação (a).

Na Figura 139, destacam-se os diagramas de deslocamento, com base nas situações levantadas na Figura 138,

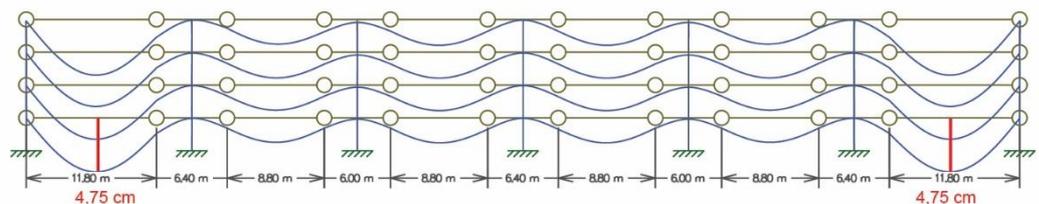
(a)



(b)



(c)



(d)

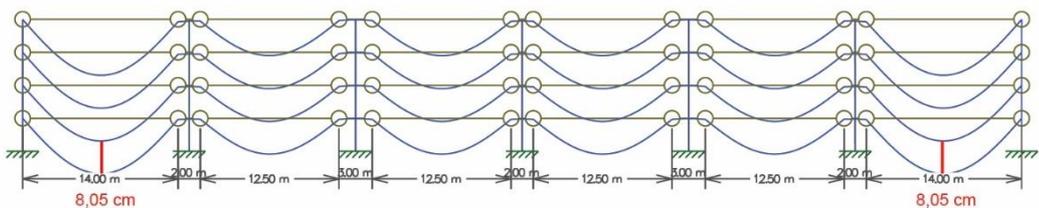


Figura 139 – Diagramas de deslocamentos  
 Fonte: Desenvolvido pelo autor, Programa Ftool

Na situação (c) e (d), não estão em conformidade com os valores admissíveis das normas vigentes (ABNT NBR 6118/2003). Na situação (a), (b) e (c) estão em conformidade com os normativos vigentes, mas vale fazer uma ressalva quanto a situação executada, pois a flecha imediata está muito próxima da taxa admissível (conforme o valor da Equação 2), 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 140.



Figura 140 – Inspeção visual. Deslocamento na viga da extremidade  
Fonte: Acervo do autor

Na Figura 141, destacam-se as quatro situações analisadas. 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.

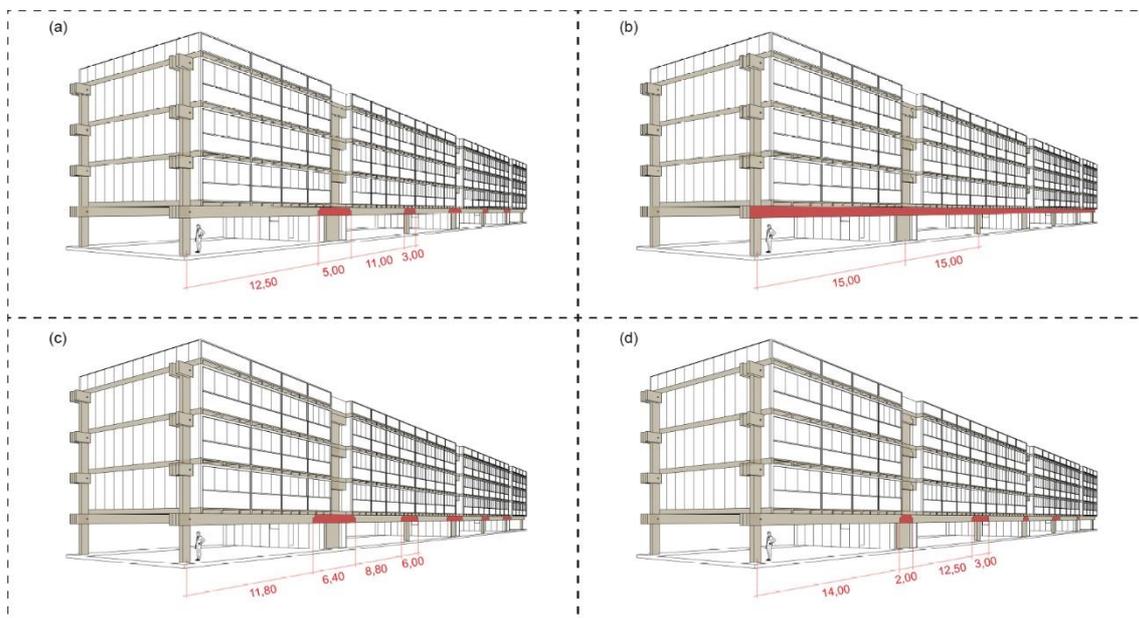


Figura 141 – Variação das rótulas  
Fonte: Desenvolvido pelo autor

A utilização das rótulas no viga longitudinal no arço estrutural do Bloco A e D têm uma contribuição benéfica em dois 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.

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 do conjunto arquitetônico de Serviços Gerais. As peças projetadas respeitam a escala proposta para o *campus*, aspectos estes contribuintes à forma do conjunto arquitetônico da Colina, que se mostrou antagônico, com o que era produzido naquele contexto.

### 4.3 Laboratório de Engenharia Elétrica e Engenharia Civil | SG 11 e 12

O conjunto arquitetônico de Galpões de Serviços Gerais (Figura 142), composto pelos SG 9, 11 e 12, foram projetados e assinados pelo arquiteto Lelé, em 1962 e construídos sob sua supervisão entre os anos de 1964 a 1969.



Figura 142 – Vista aérea do conjunto de galpões de serviços gerais  
Fonte: Foto de Lucas Parahyba, 2017. Acervo do autor

Os galpões estão localizados na Gleba A da porção centro-norte do *campus* Darcy Ribeiro, próximos ao conjunto arquitetônico de Serviços Gerais (Figura 143), mais especificamente, ao pavilhão SG 10 (CEPLAN).



Figura 143 – Implantação dos Galpões de Serviço Gerais  
Fonte: Geoportal Segeth com auxílio do programa Illustrator. Desenvolvido pelo autor

O conjunto se destaca por representar uma variação dos pavilhões térreos em relação aos serviços gerais por meio da utilização da pré-fabricação. O conjunto, além de ter características que viabilizaram a sua replicação em um total de três edificações.

Dentre as três edificações, somente o SG 11 (Figura 144) e SG 12 (Figura 145) fizeram o uso do pré-moldado no seu sistema construtivo, sendo seu sistema, composto por: vigas, pilares e painéis, produzidos em fábrica no canteiro de obras, além de contarem com subsolo e mezanino.



Figura 144 – Laboratório de Engenharia Elétrica – SG 11  
Fonte: Acervo do autor

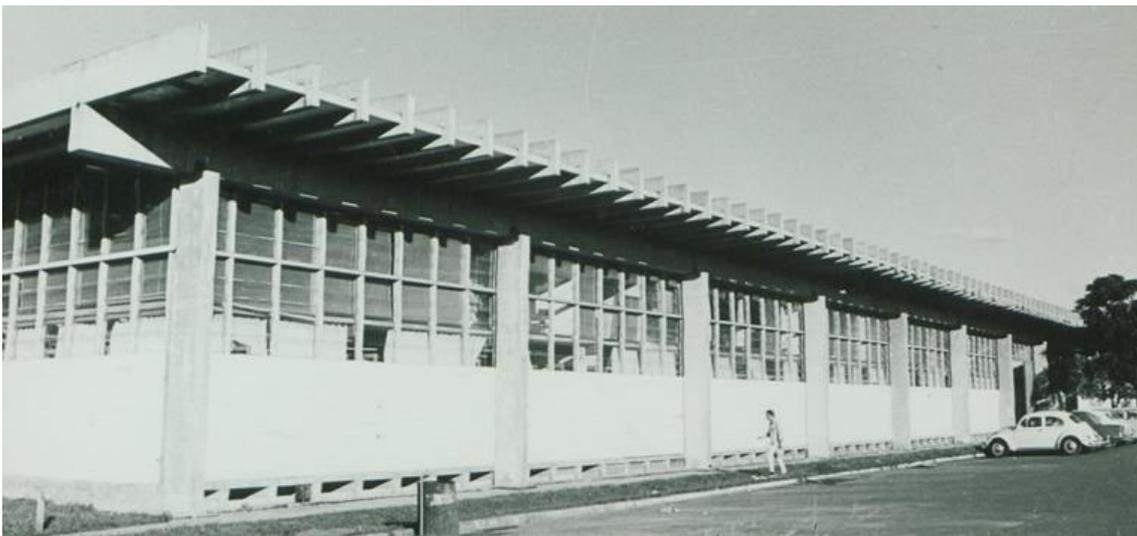


Figura 145 – SG 12 quando funcionava como biblioteca  
Fonte: Acervo BCE - UnB

Neste estudo de caso, é apresentado os aspectos arquitetônicos, estruturais e de construção industrializada. Dentre as edificações analisadas nesta dissertação, esta é a que menos contempla informações em relação à produção acadêmica, mas sendo possível o levantamento de informações por meio de pesquisas bibliográficas e levantamento dimensional *in loco*. A análise estrutural foi feita por meio de análise computacional no programa computacional SAP 2000 v21 para geração de diagramas tridimensionais.

## Arquitetura

No início das atividades nos Galpões de Serviços Gerais, o SG 11 abrigou alguns institutos e espaços destinados para salas de aulas. O SG 12 por sua vez, funcionou como a Biblioteca Central até o ano de 1973. Após a inauguração do edifício projetado por José Galbinski na Praça Maior. Atualmente o conjunto abriga laboratórios da Faculdade de Tecnologia (FT).

Os galpões funcionavam de forma flexível, com uma planta livre e modulada a cada 8 metros – no sentido longitudinal – além de possuir dois vãos – de 4 e 11 metros no sentido transversal. Na planta da Figura 146 é possível verificar essa flexibilidade do espaço.

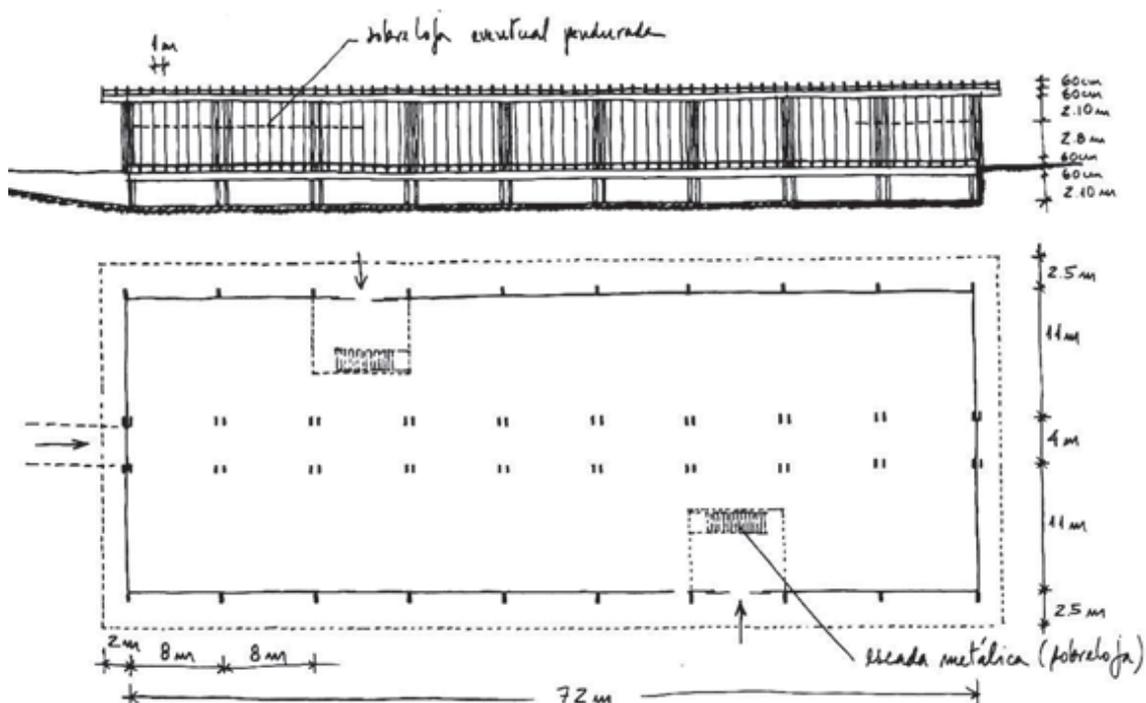


Figura 146 – Elevação e planta baixa do SG 12  
Fonte: CAVALCANTE, 2015

O conjunto é inteiramente pré-fabricado e foi executado pela mesma construtora responsável pela materialização do conjunto arquitetônico de Serviços Gerais (SG 1, 2, 4, 8 e 10), a construtora Rabello S/A. Sobre os aspectos gerais da edificação, o próprio Lelé discorre:

Esse prédio consta de uma estrutura central com vigas que se apoiam nessa estrutura. As tubulações descem pelos pilares duplos. No futuro se pretendia que esses prédios fossem oficinas. Foram imaginados para atender à grande flexibilidade de utilização, inclusive para suportar cargas grandes no térreo. As lajes são bastante pesadas (GUIMARÃES, TAULOIS, *et al.*, 1979).

Ambos galpões possuem um mezanino atirantado no vigaamento da cobertura a cada 4 metros – como ilustrado na Figura 147 – O vão do piso do mezanino é vencido com vigas metálicas de seção “I”, com suas abas inferiores serradas para encaixe de divisórias (Figura 148). A diferença entre os edifícios é a existência de um subsolo no SG 12, que não é contemplada no SG 11.

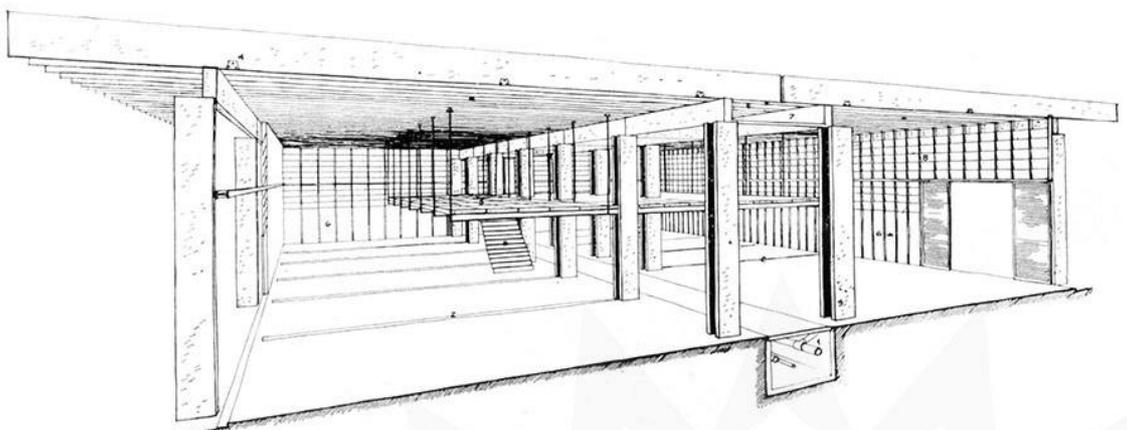


Figura 147 – Corte perspectivado do SG 12  
Fonte: ACRÓPOLE, 1970



Figura 148 – Perfil com a aba inferior serrada  
Fonte: Acervo do autor

Os princípios de flexibilidade e permeabilidade do espaço, junto à solução de atirantamento, podem ser observadas na Figura 149.



Figura 149 – BCE - Semana da Biblioteca - SG-12 - Foto 15

Fonte: Biblioteca Digital de Coleções Especiais, acesso em 1 de março de 2020, <http://bdce.unb.br/items/show/194>.

As vedações laterais do conjunto são compostas por painéis pré-moldados com largura de um metro e esquadrias compostas por caixilharias de ferro. A solução de cobertura é semelhante à do conjunto de pavilhões térreos de Serviços Gerais, com um vigaento modulado e chapas de alumínio entre os vãos, como ilustrado na Figura 150.



Figura 150 – Vista aérea do conjunto de galpões de serviços gerais

Fonte: Foto de Lucas Parahyba, 2017. Acervo do autor

## Sistemas Estruturais e Técnica Construtiva

Como citado no tópico anterior, o sistema estrutural e os elementos de vedação são compostos inteiramente por pré-moldados e estão ilustrados nas camadas construtivas da Figura 151 – no caso, o SG 11. As fotos que ajudam a descrever o processo de construção dos galpões são do SG 12, devido a maior abrangência dos registros,

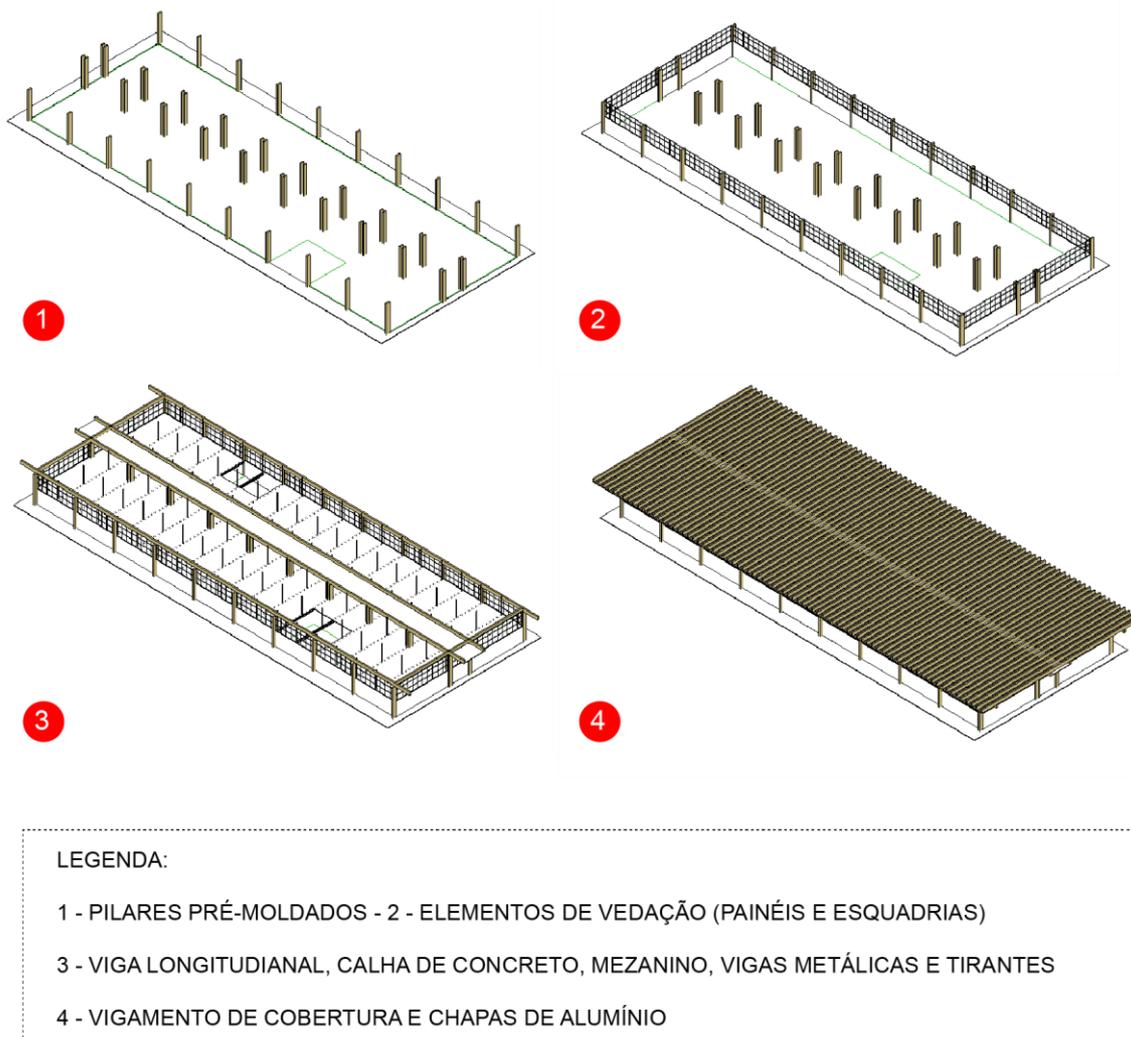


Figura 151 – Camadas construtivas do SG 11 e SG 12 (sem subsolo)  
Fonte: Desenvolvido pelo autor

O processo de montagem dos galpões iniciou-se com a construção de uma linha de pilares duplos no centro do edifício – como ilustrado na Figura 152 – com alma vazia para passagem das instalações. Esses pilares possuem uma seção de 25x60cm. Sob esses pilares, eram apoiadas as vigas longitudinais, onde o apoio no balanço central foi articulado.

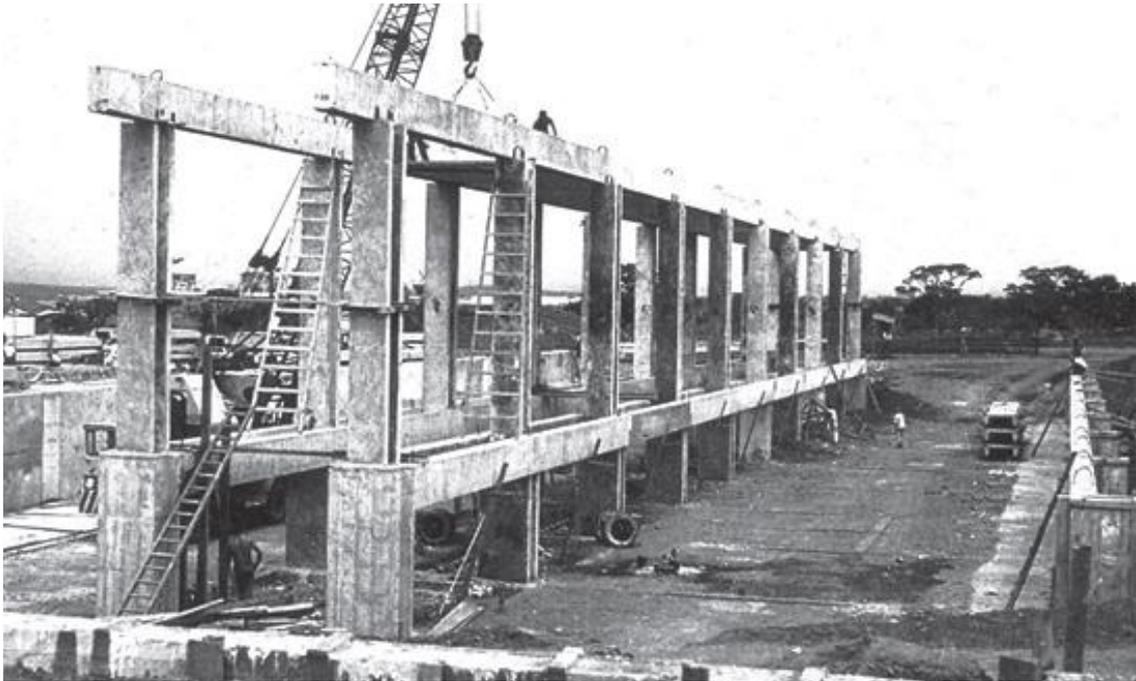
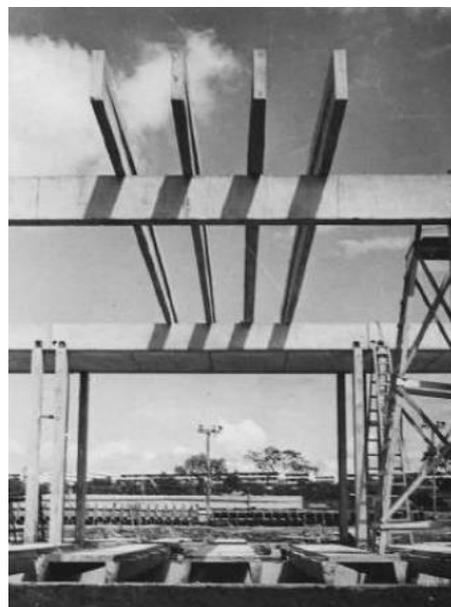


Figura 152 – Montagem do esqueleto estrutural  
Fonte: CAVALCANTE, 2015

Nas vigas centrais foram fixadas lajes em concreto, que abrigaria a calha central, nas dimensões 2,00x4,00 m – como ilustrado na Figura 153 (a).



(a)



(b)

Figura 153 – (a) Montagem das calhas (b) Vigas longitudinais das extremidades  
Fonte: PESSINA, 1964

Os pilares das extremidades são pré-moldados e possuem uma seção de 25x70cm. Também recebem as vigas longitudinais que formam os maiores vãos do conjunto.

As vigas longitudinais foram içadas, e locadas em cima da linha de pilares, o vigaento da cobertura, por sua vez, foi modulado a cada metro. Estes apoios, segundo o próprio Lelé são simples e a fixação foi feita, por meio de solda (GUIMARÃES, TAULOIS, *et al.*, 1979). No vigaento do CEPLAN, foram feitas ranhuras para fixação das chapas da cobertura, como ilustrado na Figura 154.



Figura 154 – Vigaento longitudinal  
Fonte: PESSINA, 1964

O sistema estrutural completa-se com o vigaento metálico do mezanino (sobreloja), este, atirantado nas vigas em concreto da cobertura e modulado a cada 4 metros, como ilustrado na Figura 155.



Figura 155 – Vigaento metálico da cobertura e tirantes  
Fonte: PESSINA, 1964

Sobre a laje do mezanino, Lelé destaca a forma de fixação e forma de montagem:

O que se pretendia é que a sobreloja fosse flexível, que se pudesse tirar e botar, inclusive, ela era montada depois do prédio pronto, com uma máquina pequena, sobre pneus tipo Hyster. As lajes são penduradas nas vigas de cobertura (GUIMARÃES, TAULOIS, *et al.*, 1979).

O sistema de produção industrializada dos galpões, se completa com painéis pré-moldados, modulados a cada metro e fixado em montantes, como ilustrado na Figura 156.



Figura 156 – Fixação dos painéis de vedação  
Fonte: PESSINA, 1964

Os galpões SG 11 e SG 12, portanto, apresentam cerca de 600 vigas pré-moldadas (incluindo o subsolo do SG 12) 108 pilares, 76 módulos de laje para as calhas e 468 módulos de lajes para os mezaninos, em um sistema estrutural arrojado, que se destaca na massa visual da edificação. Além de suas qualidades arquitetônicas, apresentam-se soluções flexíveis e antagônicas ao ciclo de produção fechada de pré-fabricados.

## Análise Estrutural

As dimensões dos elementos estruturais do estudo de caso em questão foram coletadas no local, por meio de levantamento dimensional *in loco* e revisão bibliográfica realizada em pesquisas acadêmicas, livros e periódicos. Especial consulta foi feita na edição 369 de 1970 da Revista Acrópole de 1970 e dissertação de Luis Henrique Pessina, em “Aspectos da pré-fabricação”, de 1964.

A Tabela 3 elenca os elementos e dimensões dos componentes estruturais para o modelo estrutural (Figura 157) desenvolvido no programa SAP 2000 v21, onde foram utilizados três elementos, sendo as barras (*frames*) – para os pilares e vigas, além dos vínculos (*joints*) – para os vínculos dos pilares – e placas (*shells*) para as lajes da cobertura e do mezanino. O que resultou em uma modelagem composta por 1644 *frames*, 40 *joints* e 470 elementos que compõem as *areas shells*.

ELEMENTOS ESTRUTURAIS DO SG11			
ELEMENTO	A (m)	B (m)	COR
1 – Pilar central	0,60	0,25	
2 – Pilar das extremidades	0,70	0,25	
3 – Vigas da cobertura	0,65	0,25	
4 – Vigas metálicas	0,40	0,10	
5 – Laje mezanino	0,10	-	
6 – Tirante (Circular)	0,05	-	
7 – Laje cobertura	0,10	-	

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 SG 11, levantadas para análise estrutural e lançadas no modelo desenvolvido no programa SAP 2000 v21

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Por meio das orientações da NBR 6120/86 (ABNT, 1980). Foram aplicados, o carregamento acidental (LIVE-L) de 100Kgf/m<sup>2</sup> nas lajes de cobertura – 100Kgf/m<sup>2</sup> equivalentes ao revestimento e 300 Kgf/m<sup>2</sup> de carregamento acidental nas lajes do pavimento tipo. Além do peso próprio

(DEAD – D). Para as análises numéricas, foram utilizadas as seguintes combinações de carga:  $1,0D + 1,0L$  – Estado limite de serviço (ELS) e  $1,4D + 1,4L$  – Estado limite último (ELU).

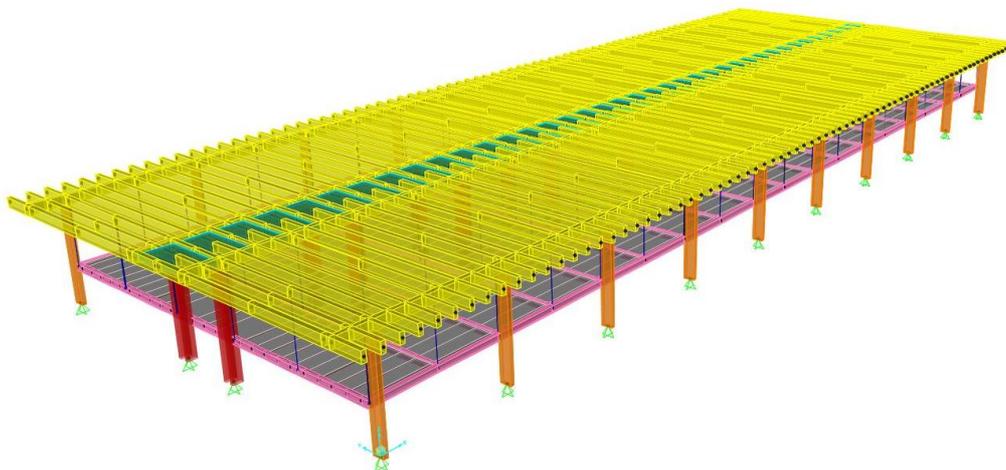


Figura 157 – Modelo estrutural do SG 11  
Fonte: Desenvolvido pelo autor, Programa SAP 2000

A análise estrutural do sistema do SG 11 deu ênfase ao comportamento das vigas pré-moldadas da cobertura, e buscou avaliar o impacto do mezanino e o esforço gerado na tensão dos pilares.

Na Figura 158, destacam-se os deslocamentos (flecha imediata) dos vãos padronizados no arrojado estrutural da cobertura – ressaltando que foi considerado o Estado de Limite de Serviço.

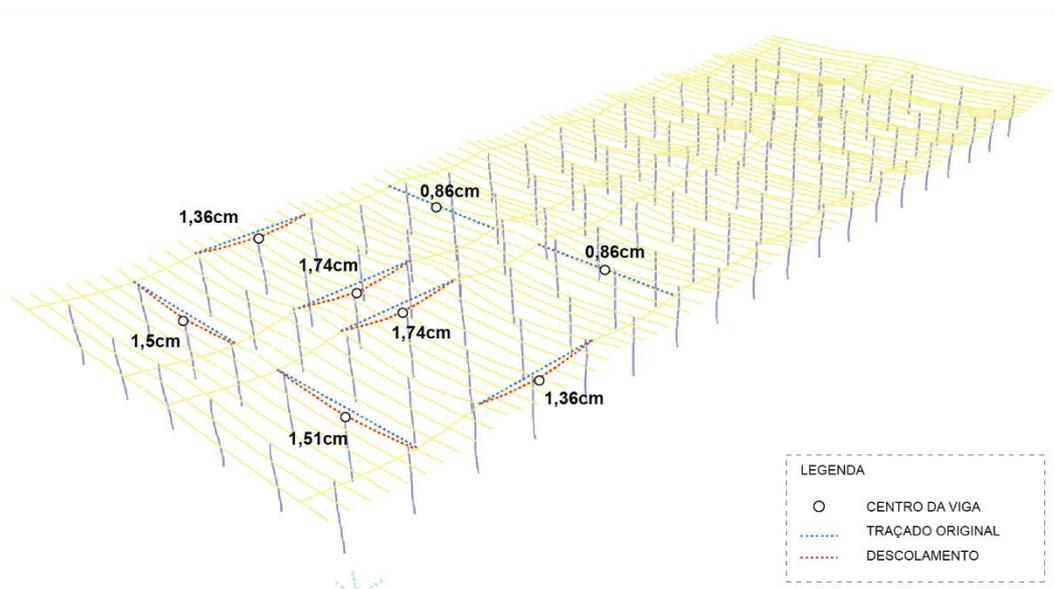


Figura 158 – Diagrama de deslocamentos do vigaamento da cobertura  
Fonte: Desenvolvido pelo autor, Programa SAP 2000

Foram verificados: os vãos das extremidades, centrais e os trechos biapoiados, com e sem tirante. Em todas as situações, há conformidade com os deslocamentos admissíveis pelas normas vigentes, como exposto nas Equações 3 e 4.

$$F_{adm} \frac{L}{250} = \frac{8m}{250} = 0,032m \text{ ou } 3,2cm$$

Equação 3 – Deslocamento admissível, conforme a NBR 6118/2003

$$F_{adm} \frac{L}{250} = \frac{11m}{250} = 0,044m \text{ ou } 4,4cm$$

Equação 4 – Deslocamento admissível, conforme a NBR 6118/2003

Entre vãos de 8 metros há duas situações de deformação – nas extremidades o deslocamento da viga é de aproximadamente 1,36cm, no trecho central é de 1,74cm. Esta variação ocorre devido a influência das calhas de concreto no vão central.

Nos vãos de 11 metros há duas situações de deslocamentos – sendo a primeira, a viga desloca cerca de 0,86cm e é o elemento modular que mais se repete. Na segunda, o deslocamento é de aproximadamente 1,51cm, praticamente o dobro do caso anterior. Apesar de possuírem as mesmas dimensões, a fixação do tirante influencia na deformação da viga.

Na Figura 159 destaca as cargas nos pilares, onde a linha de pilares duplos no vão central apresenta os maiores esforços internos (79,72 tf), gerando uma tensão de aproximadamente de 2,65 Mpa.

Nas extremidades, as tensões nos pilares são um pouco maiores devido à menor seção dos pilares. Nos trechos com esforço interno de 54,68 tf, a tensão será de 3,03 Mpa; já na extremidade transversal, a tensão é de aproximadamente 2,74 Mpa. De maneira geral, as tensões dos pilares do conjunto estão em conformidade com as normas vigentes.

As maiores tensões estão nos tirantes metálicos da cobertura, que possuem um esforço interno de aproximadamente 17,50 tf e tensão de aproximadamente 22,30 Mpa.

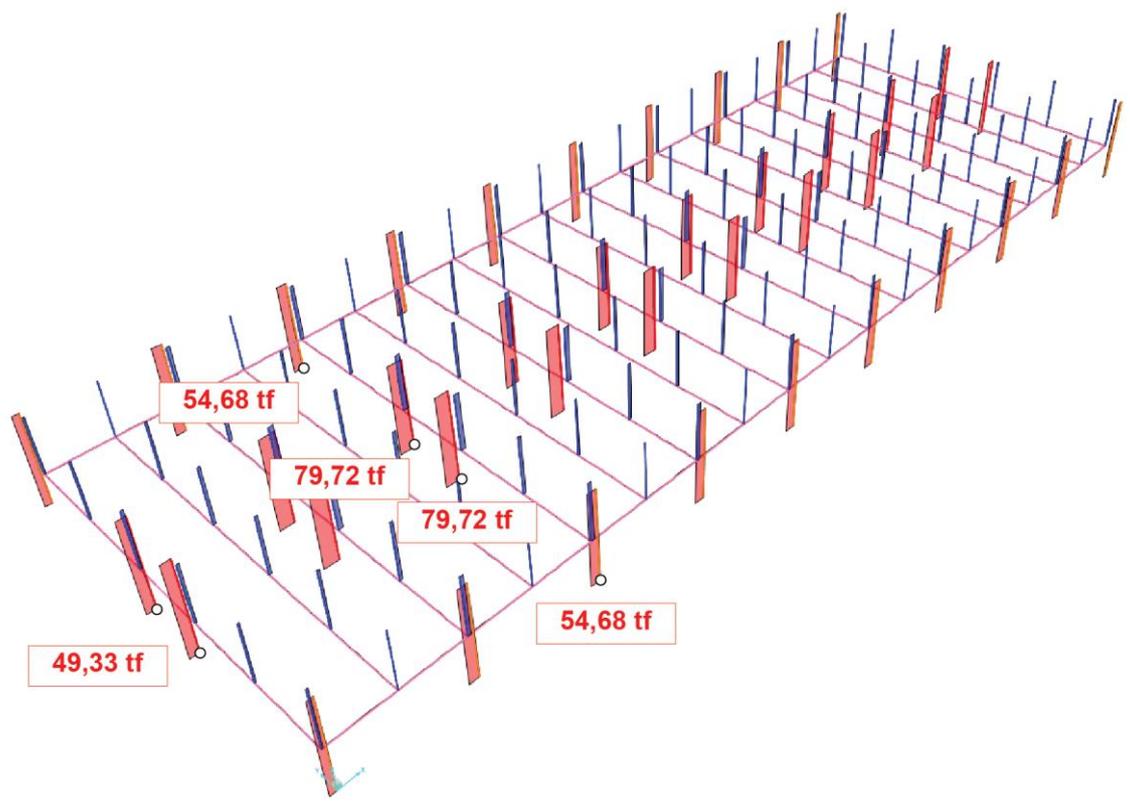


Figura 159 – Diagrama de esforços normais nos pilares do SG 11

Fonte: Desenvolvido pelo autor, Programa SAP 2000

O digrama unifilar de momentos fletores na forma tridimensional ilustrado na Figura 160, destacam os esforços internos nos vãos de 11 metros, onde as vigas sem tirantes apresentam os menores valores e momentos majoritariamente positivos (6,25 tf/m). Nos trechos em que as vigas suportam os tirantes, estão os pontos críticos, onde o esforço interno no centro da viga praticamente triplica (19,71 tf/m), além de contar com um alto esforço de momento negativo nas proximidades dos balanços (20,40 tf/m).

O diagrama da Figura 161 destacam os vãos de 8 metros, onde os pontos críticos estão locados na viga longitudinal, no trecho central, com um esforço interno positivo de aproximadamente 50,36 tf/m, ocasionado pela presença das lajes-calhas e as cargas pontuais do vigeamento da cobertura.

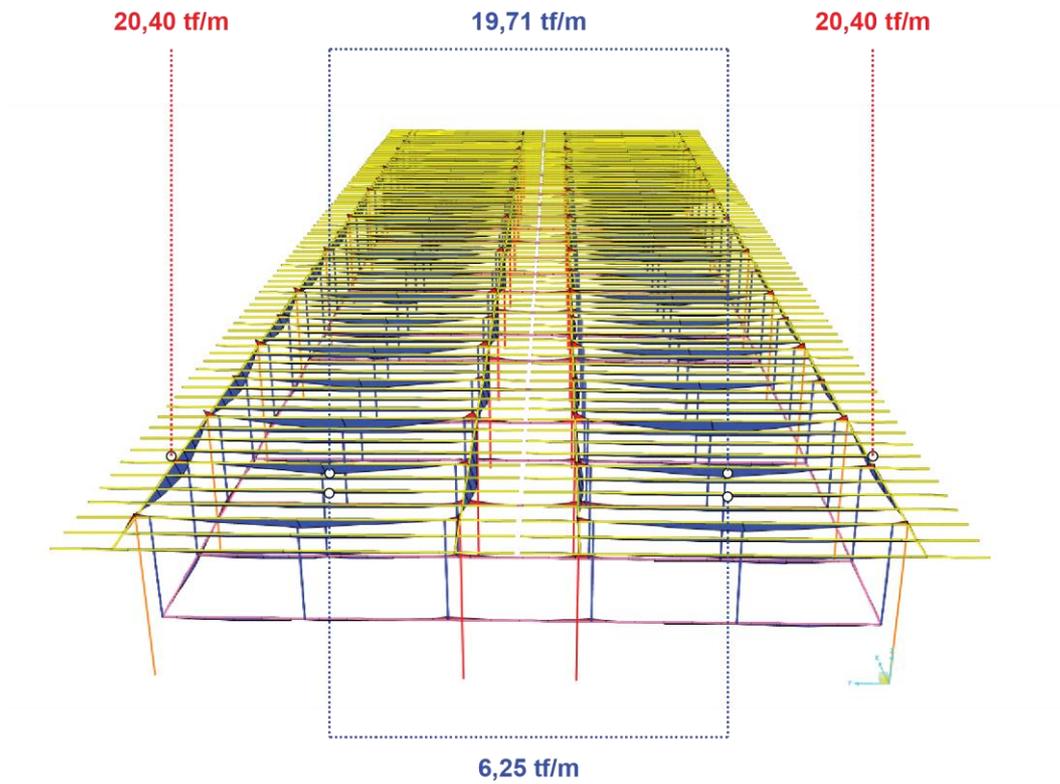


Figura 160 – Diagrama de momento fletor – vãos de 11 metros  
 Fonte: Desenvolvido pelo autor, Programa SAP 2000

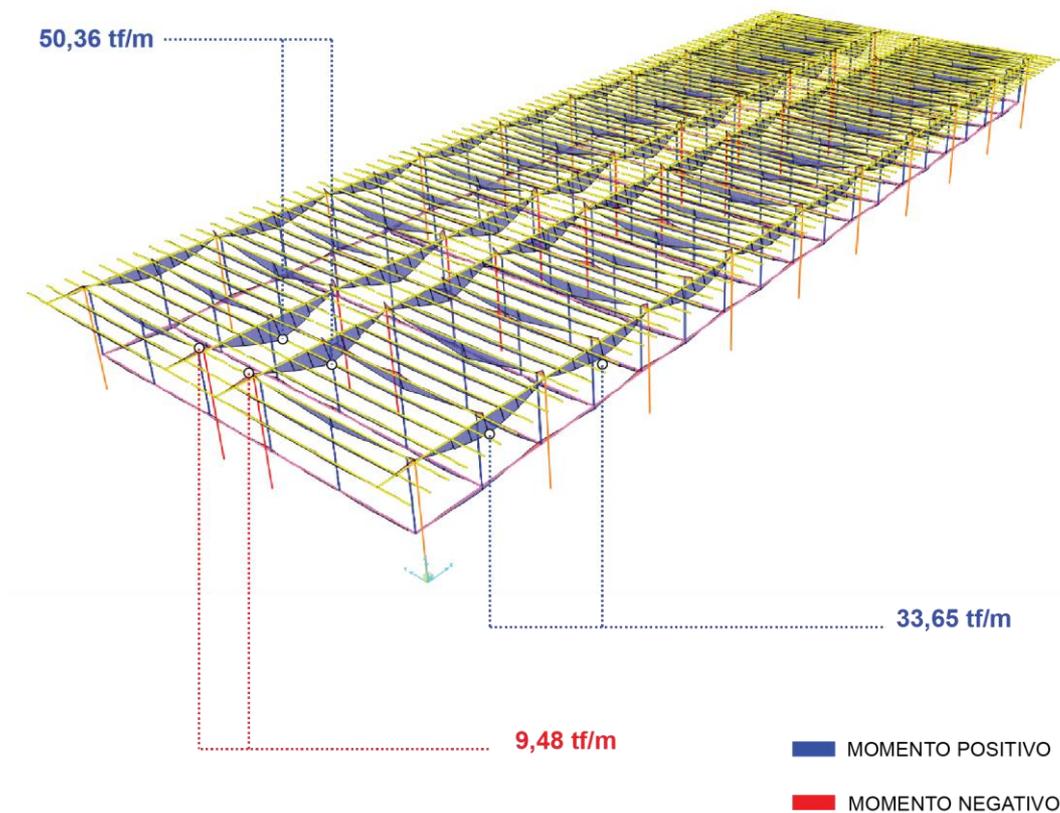


Figura 161 – Diagrama de momento fletor – vãos de 8 metros  
 Fonte: Desenvolvido pelo autor, Programa SAP 2000

As Figuras 162 e 163 destacam: as reações, os gráficos de esforço cortante, momento fletor e deslocamentos nas tipologias de vigas que mais se repetem no arrojo estrutural do SG 11 (vãos de 8 e 11 metros).

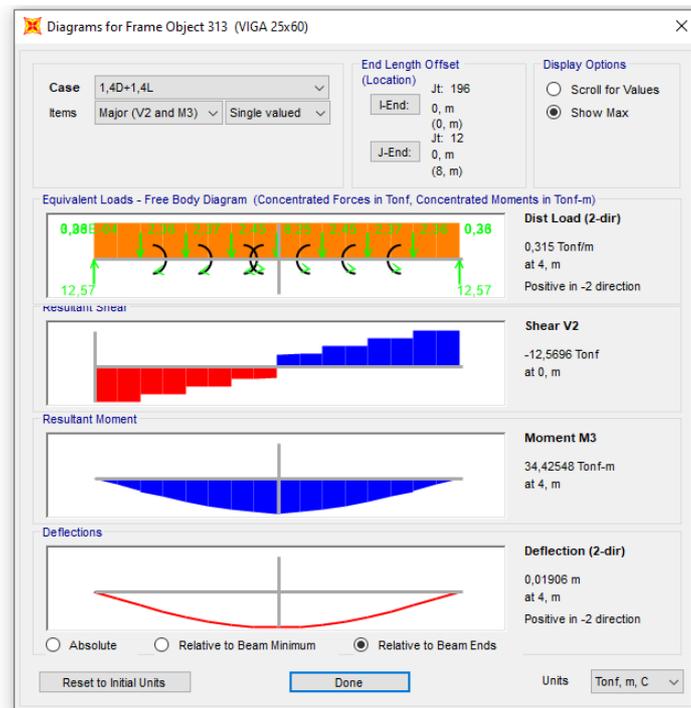


Figura 162 – Trecho de 8 metros. Diagramas gerados da viga longitudinal  
Fonte: Desenvolvido pelo autor, Programa SAP 2000

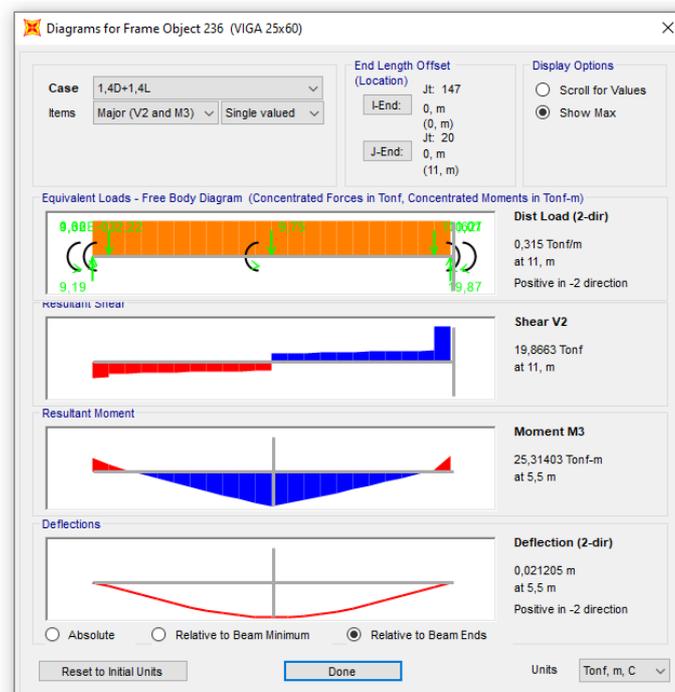


Figura 163 – Trecho de 11 metros. Diagramas gerados da viga longitudinal  
Fonte: Desenvolvido pelo autor, Programa SAP 2000

O sistema estrutural adotado no conjunto arquitetônico dos Galpões de Serviços Gerais representa uma variante da primeira experiência no *campus* – O Conjunto arquitetônico de Serviço Gerais – em um edifício de maiores proporções e com um maior número de soluções construtivas.

Vale ressaltar, que a solução estrutural adotada no projeto de edificações do SG 11, busca o equilíbrio com os vãos, de forma que permita uma modulação, necessária ao uso diversificado do prédio. Outra característica do sistema estrutural, foi a adoção de tirantes metálicos que permitem que o nível do pavimento térreo fique o mais livre possível.

Dentre os edifícios que representam *A Primeira Experiência com Pré-moldado*, os galpões contam com um conjunto inteiramente produzido na fábrica desenvolvida no canteiro de obras, além de apresentar soluções mistas, como a utilização de vigas e tirantes metálicos, além de seguir a lógica flexível que norteou os projetos deste contexto.

A análise desenvolvida neste tópico, evidencia uma estrutura de concreto armado protendido bastante esbelta e compatível com as normas vigentes, apesar do cenário em que foi construída, além de demonstrar um sistema de elementos pré-fabricados de ciclo fechado, mas ao mesmo tempo, flexível e adaptável, seguindo os motes da produção arquitetônica dos primeiros anos da Universidade de Brasília.

## 5. Conclusão

---

As transformações tecnológicas, sociais, econômicas e laborais causadas pela Revolução Industrial na Europa, do final do século XIX geraram grande impacto construção civil. A exploração do ferro fundido nas Exposições Universais, o desenvolvimento de novos materiais, e o surgimento de novas demandas são os pontos de partida que ditam o ritmo do século seguinte.

O início do século XX é caracterizado pelo rápido desenvolvimento da tecnologia do concreto e pelo surgimento do Movimento Moderno, que quebrou uma série de paradigmas da sociedade industrial, mas incorporou a lógica de produção em série da indústria de massa ao desenvolvimento de uma nova arquitetura, que a partir dos anos de 1920, passará a ser fortemente embasada na temática da habitação.

Após a Segunda Guerra Mundial (1939-1945), o processo de industrialização das construções ganhou força na Europa, na expectativa de reconstrução das cidades e de combate ao déficit habitacional, com a aplicação de políticas governamentais viabilizadas pelos planos Marshall (1947) e COMECON (1949). Neste contexto, os debates dos CIAM foram norteados por diversas temáticas relacionadas à racionalização de processos construtivos voltadas para questão da habitação. A partir da viabilidade econômica, diversas experiências foram aplicadas na Europa e se caracterizaram pelo ciclo de produção fechado, que poucos anos depois foi revisado e diversificado, com o surgimento de organizações construtoras e abertura para o mercado da construção civil.

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-fabricado e ocorrem a partir dos anos de 1960 com a construção do CRUSP, REAP 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 da tecnologia construtiva industrializada.

A arquitetura industrializada desenvolvida nos primeiros anos da UnB se destaca pelo forte apelo expressivo dos sistemas estruturais, que estão evidenciados na monumentalidade do ICC, até na simplicidade do pavilhão do CEPLAN. Isto se comprova no processo de pré-fabricação destas construções, onde a grande maioria dos componentes produzidos em série são compostos por elementos estruturais.

Apesar da simplificação projetual e construtiva proposta por Oscar Niemeyer, Lelé e o corpo técnico do CEPLAN nas primeiras construções, as soluções estruturais apresentam a complexidade e inventividade por parte de seus autores. Dentre as análises estruturais desenvolvidas nesta dissertação, vale ressaltar os Bloco A e D do conjunto arquitetônico da Colina, onde o sistema de rótulas proposto se destaca pelo equilíbrio de forças, quando comparado com situações distintas.

Os estudos de caso apresentados nesta dissertação confirmam esta relação entre estrutura e processo construtivo racionalizado por meio da análise dos variados sistemas estruturais aplicados em cada situação, além de evidenciar o protagonismo desses elementos – mesmo que em caráter

experimental, inicialmente – na concepção formal do conjunto arquitetônico da UnB dos anos de 1960.

No Pavilhão do CEPLAN, por exemplo, a austeridade e simplicidade estão presentes, inclusive, nos seus componentes estruturais, com um vigaamento esbelto e protendido, em um sistema de vínculos simples, evidenciando o seu equilíbrio estático externo. No Bloco A, do conjunto arquitetônico da Colina, se destaca pelo uso de uma estrutura isostática, que apresenta suas condições de equilíbrio, por meio de um sistema linear de rótulas *Gerber*, possuindo um bom balanço entre os esforços internos no seu principal vigaamento, mas que em contrapartida, os seus vínculos externos, sofrem com os altos índices de deslocamento da estrutura, sendo perceptíveis através de uma inspeção visual. No SG11, por sua vez, apresenta uma solução estrutural refinada, com o uso de tirantes (com alto valor de tensão de escoamento), que liberam o piso térreo e condicionam a estrutura de concreto a oferecer uma boa execução de seus vínculos, levando ao seu equilíbrio estático externo.

A metodologia que embasa a presente pesquisa – por meio das caracterizações: arquitetônica, histórica e tecnológica – possibilitam o desenvolvimento de futuros trabalhos, que objetivam compreender aspectos da engenharia estrutural que contribuíram para o desenvolvimento da arquitetura moderna. 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.

## 6. Referências

---

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 6120:1980 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1980.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 6118:2003 - Projeto de estruturas de concreto. Primeira edição: 31/03/2003, Versão corrigida: 31/03/2004. Válida a partir de 30/03/2004. Rio de Janeiro, 2004.

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

ABCIC. Vigas pré-fabricadas na fábrica de Coinet. Associação Brasileira da Construção em Concreto, s/d. Disponível em: <<http://www.abcic.org.br/Home>>. Acesso em: 19 Janeiro 2020.

ABEILLE, L. Cartão Postal: Pantin – Courthillères. Chroniques Architecture, s/d. Disponível em: <<https://chroniques-architecture.com/emile-aillaud-grands-ensembles/>>. Acesso em: 20 Janeiro 2020.

ACRÓPOLE, R. Setor residencial da cidade universitária. Revista Acrópole, São Paulo, p. 92-94, Fevereiro 1964.

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

ALBERTO, K. C. A pré-fabricação e outros temas projetuais para campi universitários na década de 1960: o caso UnB. Risco. Revista de pesquisa em arquitetura e urbanismo. EESC-USP, São Paulo, 10 Fevereiro 2009. 81-92.

ALMEIDA, L. R. D. Estudos de sistemas construtivos pré-fabricados modulares aplicados em canteiros de obras. Especialização em construção civil. UFMG. Belo Horizonte, p. 89. 2015.

AZUL, I. S. D. S.; PISANI, M. A. J. Panorama histórico da pré-fabricação em concreto armado na produção habitacional. IV. Jornada Discente Pós/FAU-Mackenzie: Pesquisa em Arquitetura, Urbanismo e Design, São Paulo, p. 53-68, Abril 2018. ISSN 2238-5037.

BENDER, R. Una visión de la construcción industrializada. Barcelona: Editorial Gustavo Gili S.A, 1976.

BENEVOLO, L. História da arquitetura moderna. 2ª. ed. São Paulo: Perspectiva, 2001.

BERLYN, P. The Crystal palace, its architectural history and constructive marvels. archive.org, 1851. Disponível em: <<https://archive.org/details/crystalpalaceits00berl>>. Acesso em: 17 Janeiro 2020.

- BOESIGER, W. Le Corbusier. São Paulo: Martins Fontes, 1994.
- BOONEKAMP. Edifícios do tipo WBS70. Wikipedia Commons, 2009. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:WBS70block.jpg>>. Acesso em: 26 Janeiro 2020.
- BRUAND, Y. Arquitetura Contemporânea no Brasil. 5ª. ed. São Paulo: Perspectiva, 1981.
- BRUNA, J. V. P. Arquitetura, industrialização e desenvolvimento. São Paulo: Perspectiva, 1976.
- BRUNA, P. J. V. Arquitetura, industrialização e desenvolvimento. 2º. ed. São Paulo: Perspectiva, 1976.
- CAVALCANTE, N. CEPLAN: 50 ANOS EM 5 TEMPOS. Tese de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo. UnB. Brasília, p. 512. 2015.
- CERÁVOLO, F. A pré-fabricação em concreto armado aplicada a conjuntos habitacionais no Brasil - O caso do conjunto Zezinho Magalhães Prado. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. UFSCAR. São Carlos. 2007.
- CURTIS, J. R. W. Arquitetura moderna desde 1900. 3ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- DEBS, L. M. E. Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações. São Carlos: Rima, 2000.
- DEUTSCHER Werkbund. Tipografos, s/d. Disponível em: <<http://tipografos.net/design/werkbund.html>>. Acesso em: 19 Janeiro 2020.
- DICKINSON. <https://archive.org>. archive.org, 1851. Disponível em: <<https://archive.org/stream/Dickinsonscompr1#page/n7/mode/1up>>. Acesso em: 17 Janeiro 2020.
- ELLIOT, K. S. Precast frame concepts, economics and architectural. Cingapura: Workshop on Design & Construction of Precast Concrete Structures. Construction Industry Training Institute, 2002.
- FABRÍCIO, M. M. Industrialização das construções: revisão e atualização de conceitos. Revista Pós USP, São Paulo, v. 20, p. 222-248, Junho 2013. ISSN 2317-2762.
- FERREIRA, M. A importância dos sistemas flexibilizados. (Apostila) UFSCAR. São Paulo, p. 8. 2003.
- FONSECA, R. P. A Ponte de Oscar Niemeyer em Brasília: Construção, Forma e Função Estrutural. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília. Brasília. 2007.

FONSECA, R. P. Estrutura do Instituto Central de Ciências: Aspectos Históricos, Científicos e Tecnológicos de Projeto, Execução, Intervenções e Proposta de Estratégias para Manutenção. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil. UnB. Brasília. 2007.

FRANÇA, J. Obras do Lelé por Joana França. Archdaily, 2014. Disponível em: <[https://www.archdaily.com.br/br/603479/obras-do-lele-por-joana-franca?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.com.br/br/603479/obras-do-lele-por-joana-franca?ad_medium=gallery)>. Acesso em: 09 Fevereiro 2020.

FUENTES, M. A. Os primeiros mestrados da fau-unb: de um passado que não se construiu. Tese de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo. UnB. Brasília, p. 1790. 2017.

GALIMI, S. Equilíbrio estrutural na obra de Oscar Niemeyer. Estudo de caso: a Procuradoria Geral da República. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Brasília, p. 162. 2017.

GIEDION, S. Espaço, tempo e arquitetura: o desenvolvimento de uma nova tradição. São Paulo: Martins Fontes, 1965.

GROGIN, R. C. Natural Enemies: The United States and the Soviet Union in the Cold War 1917-1991. [S.l.]: Lexington Books, 2000.

GROPIUS, B. Bauhaus — Dessau (1925). Tipografos, 1928. Disponível em: <<http://www.tipografos.net/bauhaus/bauhaus-dessau.html>>. Acesso em: 19 Janeiro 2020.

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, 1979.

HELENE, B. F. T. P. Dosagem dos Concretos de Cimento Portland. Capítulo 12, em: Concreto: Ciência e Tecnologia, Geraldo Cechella Isaia (Editor), IBRACON – Instituto Brasileiro, 2011.

HELENE, P. IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto. Vida Útil de 106 Anos! Muito bem vividos!, 2006. Disponível em: <[http://www.ibracon.org.br/news/index\\_vida.htm](http://www.ibracon.org.br/news/index_vida.htm)>. Acesso em: 12 Janeiro 2020.

HELENE, P. Primeiro edifício do mundo concebido com o sistema Hennebique. Research Gate, 2019. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/338288243/figure/fig2/AS:842352520351744@1577843899909/Figura-4-Primeiro-edificio-do-mundo-concebido-com-o-sistema-Hennebique-119-anos-de-bons.jpg>>. Acesso em: 17 Janeiro 2020.

INOJOSA, L. D. S. P. O Protagonismo da estrutura na concepção da arquitetura moderna brasileira. Tese de Doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília. Brasília, p. 254. 2019.

KARCHENKO, S. The Khrushchovkas. The Ukrainian Observer, 2016. ISSN 228. Disponível em:

<<https://web.archive.org/web/20070206132350/http://www.ukraine-observer.com/articles/228/993>>. Acesso em: 25 Janeiro 2020.

KNEESE, E. Acervo fotográfico de Eduardo Kneese. Belas Artes, s/d. Disponível em: <<https://www.belasartes.br>>. Acesso em: 26 Janeiro 2020.

KOPP, A. Quando o moderno não era um estilo e sim uma causa. São Paulo: Nobel, 1990.

KOURY, A. P. Arquitetura construtiva: proposições para a produção da arquitetura no Brasil (1960-1970). Projeto História, São Paulo, Junho 2007. 189-203.

KRUGER, G. Industrialização da construção na habitação coletiva moderna: concreto pré-fabricado nos projetos da UnB e USP. Dissertação de mestrado. UniRitter/Mackenzie. Porto Alegre, p. 173. 2016. (CDU 659.55).

KRUSCHEV, N. Rumos da arquitetura soviética. Fundamentos, São Paulo, v. VII, n. 39, p. 89-94, Novembro 1955.

LAMBOT, J. L. Structurae. <https://structurae.net>, 2002. Disponível em: <<https://structurae.net/en/photos/945-joseph-louis-lambot>>. Acesso em: 17 Janeiro 2020.

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

MACHADO, E. Primeira construção pré-fabricada de concreto no Brasil. Lenardi, 2016. Disponível em: <<http://www.lenardi.com.br/noticia/15/2016-02-01/pre-fabricados-de-concreto-no-brasil>>. Acesso em: 26 Janeiro 2020.

MARITIMES. Barco de argamassa armada. Escalas Maritimes, s/d. Disponível em: <<https://escalas.files.wordpress.com/2008/11/epsn0002.jpg>>. Acesso em: 17 Janeiro 2020.

MARQUES, S. M. Fayet, Araújo & Moojen : arquitetura moderna brasileira no sul - 1950 / 1970. Tese (Tese de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - UFRGS. Porto Alegre, p. 746. 2012.

MIRACETI. Plano Marshall. Wikipedia Commons, 2009. Disponível em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Marshall\\_Plan.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Marshall_Plan.svg)>. Acesso em: 20 Janeiro 2020.

MORAIS, P. Tipos e casos: Habitação de grande escala na América Latina, uma seleção de obras e possibilidades de sua avaliação contemporânea. Urbana, Belo Horizonte, v. 6, n. 8, p. 776-798, Junho 2014.

MOREIRA, A. L. A. A Estrutura do Palácio da Justiça em Brasília: Aspectos Históricos, Científicos e Tecnológicos de Projeto, Execução, Intervenções e Proposta de Estratégias para Manutenção. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil. Universidade de Brasília. Brasília. 2007.

MOREIRA, P. Habitação social e pré-fabricação. A herança socialista em perspectiva. Arqtextos, São Paulo, ano 02, n. 014.03, Vitruvius, 2001. ISSN 1809-6298. Disponível em: <<https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arqtextos/02.014/866>>. Acesso em: 25 Janeiro 2020.

MORI, V. H. Unidade Habitacional de Marselha A “Cité radieuse” de Le Corbusier. Vitruvius, 2019. Disponível em: <<https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquiteturismo/13.147/7398>>. Acesso em: 21 Janeiro 2020.

MOSSOT. Saint-Denis Maison François Coignet. Wikipedia Commons, 2009. Disponível em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Saint-Denis\\_-\\_Maison\\_Fran%C3%A7ois\\_Coignet\\_-1.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Saint-Denis_-_Maison_Fran%C3%A7ois_Coignet_-1.JPG)>. Acesso em: 18 Janeiro 2020.

MURAYAMA, N. Museo Guggenheim, Bilbao. Wikipedia Commons, 2016. Disponível em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Museo\\_Guggenheim,\\_Bilbao\\_\(31273245344\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Museo_Guggenheim,_Bilbao_(31273245344).jpg)>. Acesso em: 26 Janeiro 2020.

NEGRELOS, E. P. Conjunto Zezinho Magalhães Prado, 1968. Researchgate, 2014. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/figure/Figura-6-Conjunto-Zezinho-Magalhaes-Prado-1968-Guarulhos-Arqs-Artigas-Rocha-e\\_fig2\\_320570034](https://www.researchgate.net/figure/Figura-6-Conjunto-Zezinho-Magalhaes-Prado-1968-Guarulhos-Arqs-Artigas-Rocha-e_fig2_320570034)>. Acesso em: 09 Fevereiro 2020.

NIEMEYER, O. CIEP desenvolvido por Oscar Niemeyer. Fundação Oscar Niemeyer, 1986. Disponível em: <<http://www.niemeyer.org.br/obra/pro192>>. Acesso em: 09 Fevereiro 2020.

NIEMEYER, O. As curvas do tempo - memórias. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Revan, 2000.

PEREZ, A. Eames House / Charles and Ray Eames. Archdaily, 2010. Disponível em: <<https://www.archdaily.com/66302/ad-classics-eames-house-charles-and-ray-eames>>. Acesso em: 21 Janeiro 2020.

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

PLANT, P. La construcion moderne. 3°. ed. Paris: Aulanier A C Editeurs, v. XIII, 1887.

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

REGINO, A. N. Eduardo Kneese de Mello / arquiteto: análise de sua contribuição à habitação coletiva em São Paulo. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo. 2006.

REGINO, A. N.; PERRONE, R. Eduardo Augusto Kneese de Mello: sua contribuição para habitação coletiva em São Paulo. Revista Risco, São Paulo, p. 57-97, 2009.

REVEL, M. La prefabricacion em la construccion. 1º. ed. Bilbao: Urmo, 1973.

RIBEIRO, D. UnB: invenção e descaminho. Rio de Janeiro: Avenir, 1978.

RUAULT, P. Seattle Central Library / OMA + LMN. Archdaily, 2009. Disponível em: <<https://www.archdaily.com/11651/seattle-central-library-oma-lmn>>. Acesso em: 27 Janeiro 2020.

SALAS. Construção Industrializada: pré-fabricação. São Paulo: Instituto de pesquisas tecnológicas, 1988.

SALVADORI, M. Por que os edifícios ficam de pé. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

SANTOS, A. Demanda aquece área da construção civil voltada aos hotéis. Cimento Itambe, 2012. Disponível em: <<https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/demanda-aquece-area-da-construcao-civil-voltada-aos-hoteis/>>. Acesso em: 26 Janeiro 2020.

SANVITTO, M. L. A. As habitações de interesse social com recursos do Banco Nacional da Habitação no Brasil 1964-1986. Actas del Congreso Internacional de Vivienda Sostenible, Guadalajara, 2018.

SAVIM. Unidade de Habitação de Berlim. Wikipedia Commons, 2017. Disponível em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Corbusierhaus\\_B-Westend\\_06-2017.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Corbusierhaus_B-Westend_06-2017.jpg)>. Acesso em: 21 Janeiro 2020.

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

SERRA, S. M. B.; FERREIRA, M. A.; PIGOZZO, B. N. Evolução dos pré-fabricados de concreto. 1º ENPPPCPM, São Carlos, 3-4 Novembro 2005. 1-10.

SHOSHANY, C. Wiki Commons. <https://commons.wikimedia.org>, 1909. Disponível em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CLC\\_528\\_-\\_PARIS\\_-\\_Galerie\\_des\\_Machines.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CLC_528_-_PARIS_-_Galerie_des_Machines.JPG)>. Acesso em: 17 Janeiro 2020.

SIEGEL, C. Formas estructurales en la arquitetura moderna. México: Compania Editorial Continental, 1966.

SILVA, M. A. C. R. D. Equilíbrio estrutural e racionalização da construção: Blocos redicenciais da colina velha. Especialização em reabilitação ambiental, arquitetura e urbanística. UnB. Brasília, p. 49. 2017.

SIMON, S. A. S. De bretton woods ao plano marshall: a política externa norte-americana em relação à europa. Dissertação de mestrado em Relações Internacionais. Universidade do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2011.

SIQUEIRA, M. V. L. Apostila Laboratório de Materiais de Construção I. Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina. Joinville. 2008.

STRUCTURAE. Joseph-Louis Lambot. <https://structurae.net/fr/medias/945-joseph-louis-lambot>, s/d. Disponível em: <<https://structurae.net/fr/medias/945-joseph-louis-lambot>>. Acesso em: 17 Janeiro 2020.

THE EDITORS OF ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA. Comecon - International Organization. Encyclopædia Britannica, inc., 2019. Disponível em: <<https://www.britannica.com/topic/Comecon>>. Acesso em: 25 Janeiro 2020.

TRAVAUX, R. Photo publiée dans la revue Travaux à l'occasion du cinquantième de la disparition d'Edmond Coignet. Wikipedia Commons, 1955. Disponível em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Francois\\_Coignet2.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Francois_Coignet2.png)>. Acesso em: 18 Janeiro 2020.

UNB: Primeira Experiência em Pré-modado. Direção: Bruno de Castro e Diego Cavalcante. Produção: Rosineide Evangelista da Costa. Intérpretes: Heinz Forthmann. [S.l.]: Universidade de Brasília. 1962-1970.

VASCONCELLOS, J. C. D. Ceplan - Construção e interiores na Universidade de Brasília. Seminários de teoria, história e crítica de arquitetura: INTERIORES MODERNOS, Porto Alegre, Julho 2016. 1-10.

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.

VASCONCELLOS, J. C. D. A pré-moldagem brasileira e o lado b das obras de Oscar Niemeyer em Brasília. VI Seminário do\_co,mo.mo\_, Porto Alegre, 7-8 Novembro 2019.

VASCONCELOS. O Concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações. São Paulo: Studio Nobel, v. III, 2002.

VASILIAUSKAS. Panoramic view of Lazdynai district in Vilnius Lithuania. 123RF, 2019. Disponível em: <[https://www.123rf.com/photo\\_20183957\\_panoramic-view-of-lazdynai-district-in-vilnius-lithuania.html](https://www.123rf.com/photo_20183957_panoramic-view-of-lazdynai-district-in-vilnius-lithuania.html)>. Acesso em: 21 Janeiro 2020.

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).

WHITTLE, B. Weaver & Co flour mill in 1979. Explore Gower, 1979. Disponível em: <<http://www.explore-gower.co.uk/weaver-s-flour-mill>>. Acesso em: 19 Janeiro 2020.

ZEIN, R. V. A Miragem da Industrialização. Abrindo a mata virgem a facção: alguns casos do brutalismo paulista. Concreto: Plasticidade e Industrialização

na Arquitetura do Cone Sul-Americano 1930/1970, Porto Alegre, Novembro  
2010.

---