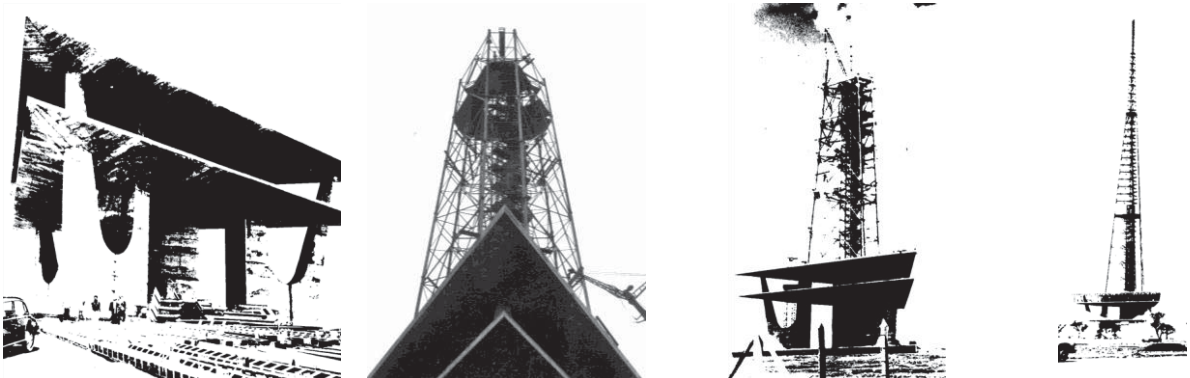


UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

A TORRE DE LUCIO COSTA EM BRASÍLIA



EDUARDO BICUDO DE CASTRO AZAMBUJA

Brasília

2012

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

A TORRE DE LUCIO COSTA
EM BRASÍLIA

EDUARDO BICUDO DE CASTRO AZAMBUJA

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, UnB.

Orientador: Prof. Dr. José Manoel Morales Sánchez

Brasília

2012

TERMO DE APROVAÇÃO

EDUARDO BICUDO DE CASTRO AZAMBUJA

A TORRE DE LUCIO COSTA EM BRASÍLIA

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, UnB

Data de defesa: quinta-feira, 29 de março de 2012.

Orientador:

Prof. Dr. José Manoel Morales Sánchez
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UnB

Comissão Examinadora:

Prof. Dra. Ana Elisabete de Almeida Medeiros
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UnB

Prof. Dr. Antônio Alberto Nepomuceno
Departamento de Engenharia Civil, UnB

Brasília, 2012

Dedico aos meus pais, sempre a eles.

AGRADECIMENTOS

O resultado dessa pesquisa é fruto da ajuda de inúmeras pessoas que com generosidade compartilharam suas informações, conhecimentos, opiniões, seu tempo. Gostaria de agradecer-las, foram muitas.

Agradeço aos funcionários responsáveis pelo zelo e manutenção da Torre de TV, obrigado por permitirem e muitas vezes me acompanharem nos vários acessos que fiz durante as minhas vistorias.

Em especial, agradeço a Maria Elisa Costa pelo encontro no Paço Imperial e ao arquiteto Sérgio Porto por me receber em sua casa. Obrigado por me ajudarem a conhecer Lucio Costa e a entender melhor Brasília.

Ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, na figura de seus funcionários e docentes, agradeço a recepção e a gentileza sempre dispensada.

Agradeço aos arquitetos José Galbinski e Maria Emília Stenzel pelo incentivo ao início do curso. Registro minha gratidão às colocações e ao apoio da arquiteta Suyene Rither Arakaki que muito contribuíram para o meu trabalho.

Ao meu orientador, professor José Manoel Morales Sánchez, um agradecimento mais que especial. Obrigado pelas conversas, orientações, pela paciência, amizade e por desejar sempre o melhor. Aprendi muito com os nossos encontros.

Sou imensamente grato a minha família, Maria Alice, Maria Eduarda e Maria Fernanda. Obrigado pelo apoio incondicional, pelo carinho e pela cumplicidade que temos.

Agradeço a Lucio Costa.

(...)

*Tenho pedras nos sapatos
Onde os carros estão estacionados
Andando por ruas quase escuras
Os carros passam*

*As ruas tem cheiro de gasolina e óleo diesel
Por toda a plataforma, toda plataforma
Você não vê a Torre*

(...)

(Renato Russo)

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo central a análise da obra construída da Torre de TV de Brasília, uma das mais significativas obras da década de 1960 – na época a 4ª Torre mais alta do mundo – concebida e projetada por Lucio Costa, com a participação de dois dos mais importantes engenheiros brasileiros: Joaquim Cardozo e Paulo Rodrigues Fragoso. O estudo aborda os aspectos históricos da concepção e construção da Torre de TV, analisa a sua forma estrutural e faz uma avaliação das principais manifestações patológicas que apareceram na estrutura da edificação decorrentes da sua utilização. O levantamento histórico da concepção permite desvendar as intenções do arquiteto e a consequente materialização proposta pelos engenheiros estruturais. Neste sentido, a obra de Lucio Costa e as trajetórias profissionais de Joaquim Cardozo e Paulo Rodrigues Fragoso são estudadas no trabalho, sendo que sobre Fragoso, que pouco se escreveu a respeito, buscou-se um aprofundamento de sua biografia. Relata-se também a história da construção da Torre de TV, levantada através de entrevistas com profissionais que participaram da obra e pela pesquisa de periódicos da época, buscando dar continuidade na linha do tempo. É realizada uma análise da forma estrutural, cujo objetivo é desvendar e aferir a intuição do arquiteto, permitindo concluir sobre a melhor proporção dada a tipologia da estrutura. Assim, o trabalho propõe uma metodologia qualitativa que permite uma análise do comportamento de edificações verticais, utilizando duas definições iniciais: a altura da estrutura e o local da obra. A análise das manifestações patológicas na estrutura de concreto armado foi realizada com o uso da metodologia GDE/UnB, já calibrada em trabalhos anteriores, e para a estrutura metálica é proposta uma adaptação desse estudo. Em conclusão, a análise realizada permite, além da compreensão da intensão plástica da Torre de TV, contribuir para a documentação de uma obra de importante caráter histórico.

ABSTRACT

This work aims primarily at analyzing the construction of the Brasília TV Tower, one of the most meaningful works of the 1960s – at the time the fourth tallest tower in the world – conceived and designed by Lucio Costa, with the participation of two of the most important Brazilian engineers: Joaquim Cardozo and Paulo Rodrigues Fragoso. This study delves into the historical aspects of the conception and construction of the TV Tower, analyzes its structural shape and assesses the main pathological manifestations that appeared in the building's structure through its use. The historical research of the conception allows us to unveil the intentions of the architect and the following concretization proposed by the structural engineers. In this sense, the work of Lucio Costa and the track records of Joaquim Cardozo and Paulo Rodrigues Fragoso are studied in this work, with a particular deepening into Fragoso's biography, seen as relatively little has been written about him. The work also tells the story of the construction of the TV Tower, uncovered through interviews with professionals who participated in the construction and the research into newspapers of the time, attempting to trace a continuous timeline. An analysis of the structural form is undertaken, allowing for an assessment of the best proportion given the structure's typology. Hence, this work proposes a qualitative methodology to allow for an analysis of the behavior of vertical buildings, using two initial concepts: the height of the structure and its setting. The analysis of the pathological manifestations in the structure of reinforced concrete was undertaken using the GDE/UnB methodology, already adjusted in previous works, and a variation on this study is proposed for the metal structure. In conclusion, the analysis undertaken allows us to contribute to, besides the understanding of the TV Tower's plastic strength, the documentation of a building of significant historical importance.

SUMARIO

1	APRESENTAÇÃO	1
1.1	Introdução	1
1.2	Motivação e justificativa	3
1.3	Objetivos e descrição dos capítulos	13
2	A CONCEPÇÃO DA TORRE DE TV	16
2.1	Introdução	16
2.2	Sobre Lucio Costa.....	16
2.3	A Torre de TV de Lucio Costa	26
2.4	Sobre Joaquim Maria Cardozo	36
2.5	Sobre Paulo Rodrigues Fragoso	46
2.6	A arquitetura da Torre	59
2.7	A estrutura de concreto armado	66
2.8	A estrutura metálica	73
2.9	Considerações finais	84
3	A CONSTRUÇÃO DA TORRE DE BRASÍLIA	89
3.1	Introdução	89
3.2	A obra	89
3.3	Dados técnicos.....	91
3.4	A montagem da estrutura metálica	93
3.5	A expansão da Torre.....	104
3.6	Avaliações e manutenções da Torre	106
3.7	Considerações finais	112
4	ANÁLISE DA FORMA ESTRUTURAL	115
4.1	Introdução	115
4.2	O momento fletor e a forma arquitetônica	118
4.3	O carregamento atuante: a ação do vento em edificações	122
4.4	Avaliação qualitativa da estrutura	124
4.5	Aplicação do modelo na Torre de Lucio Costa	135
4.6	Considerações Finais.....	138
5	AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA DA TORRE DE TV.....	140
5.1	Introdução	140
5.2	Princípios gerais de avaliação.....	140

5.3	Metodologia para Avaliação da Estrutura de Concreto Armado.....	145
5.4	Metodologia para Avaliação da Estrutura Metálica	155
5.5	Considerações Finais.....	159
6	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	161
6.1	Introdução	161
6.2	Principais Contribuições.....	161
6.3	Trabalhos futuros	165
	REFERÊNCIAS	166
	ANEXO A - DESENHOS DO PROJETO EXECUTIVO	176
	ANEXO B - LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO.....	180

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – As quatro maiores torres do mundo em 1965: (a) Torre Eiffel, (b) Torre de Tóquio, (c) Donauturm e (d) Torre de Rádio e Televisão de Brasília.	1
Figura 2 – Brasília Amanhece: Capa do Jornal Estado de Minas (fonte: O Estado de Minas, órgão dos Diários Associados, em 21 de Abril de 1960)	2
Figura 3 – O Obelisco da Place de La Concordia, em Paris, e Igreja Hagia Sophia, em Istambul (Ching, 2008)	5
Figura 4 – Deir-el-Bahari, templo funerário de Mentuhotep e Hatshepsut, construído no Egito em 1500 a.C. (Muller, 1999) e o salão Hipostilo no templo de Amon em Karnak, construído no Egito em 1350 a.C. (Strickland, 2003)	6
Figura 5 – O planejamento da Roma barroca por Sisto V (Gideon,2004)	7
Figura 6 – Dois dos elementos verticais posicionados por Sisto V em Roma, a coluna Antonina na Piazza Colonna e o Obelisco diante da Basílica de São Pedro (Gideon, 2004).	8
Figura 7 – Obelisco de Pierre L’Enfant em Washington D.C. e o Tylon em Nova York (Smith, 1993)	9
Figura 8 – Torres Ostankino em Moscou.....	10
Figura 9 – A Torre CN em Toronto.	11
Figura 10 – Tokyo Sky Tree	12
Figura 11 – Croquis de Lucio para as "casas sem dono" (Peregrino, 2002).	18
Figura 12 – A chegada do Zeppelin de Le Corbusier no Rio de Janeiro.	20
Figura 13 – Proposta de Le Corbusier para o MESP na avenida Beira-Mar (Costa, 1995).	21
Figura 14 – Croqui de Lucio do prédio do MESP construído (Peregrino, 2002).	21
Figura 15 – O Pavilhão Brasileiro em Nova York (Cavalcanti, 2006).	22
Figura 16 – Croqui do conjunto habitacional do Parque Guinle (Wisnik, 2001).	23
Figura 17 – Croqui de Lucio para as quadras de Brasília (Buchmann, 2002).	24
Figura 18 – Croquis de Lucio Costa para a Torre de TV (Buchmann, 2002).....	27
Figura 19 – Plano Piloto de Brasília proposto por Lucio Costa (Buchmann, 2002) ..	27
Figura 20 – Planta de situação do projeto da Torre de TV (Fonte: ArPDF)	28
Figura 21 – Croqui de Lucio Costa para a Rodoviária de Brasília com a Torre de TV ao fundo (Buchmann, 2002).	29

Figura 22 – Proposta urbana de Lucio Costa com dois marcos verticais (Wesely, 2010)	30
Figura 23 – Proposta de Lucio Costa para a Cidade Universitária do Rio de Janeiro (Costa, 1995).....	31
Figura 24 – Plano Piloto de Brasília (Buchmann, 2002).	31
Figura 25 – Projeto e desenho do pai de Lucio Costa (Costa, 1995)	32
Figura 26 – O Trylon e o Perisphere, símbolos da Feira Mundial de Nova York, em 1939, projetados por Harrison & Abramovitz (Smith, 1993)	34
Figura 27 – O Trylon de Harrison & Abramovitz e o croqui de Lucio para a Torre de TV de Brasília (ArPDF).....	35
Figura 28 – Vista da primeira proposta da estrutura metálica da Torre (E) e o desenho final desenvolvido pelo engenheiro Paulo Fragoso (D) (Fonte: ArPDF)	36
Figura 29 – O conjunto da Pampulha: o late Clube, a Capela de São Francisco de Assis e a Casa do Baile (Underwood, 1994).....	39
Figura 30 – Os edifícios monumentais de Brasília: o Palácio do Planalto, o Palácio da Alvorada (Underwood, 1994), a Torre de TV (ArPDF, N°:1543).....	41
Figura 31 – O Congresso Nacional (Underwood, 1994; Clímaco, 2009).....	41
Figura 32 – Joaquim Cardozo e a Catedral de Brasília (Revista Módulo, N° 52) e o Palácio do Itamaraty em Brasília (Underwood, 1994)	42
Figura 33 – O desabamento do Pavilhão da Gameleira (Téchne nº159, 2010)	43
Figura 34 – Esquema Estrutural V103/V203 (Cunha, 1996).....	44
Figura 35 – Paulo Rodrigues Fragoso em visita a um canteiro de obras e em uma reunião no Clube de Engenharia do Rio de Janeiro (canto inferior esquerdo – fonte: Marcello da Cunha Moraes, ele no fundo à direita de bigode)	47
Figura 36 – Cópia da Carteira Profissional do engenheiro Paulo Rodrigues Fragoso (Fonte: CREA/RJ)	48
Figura 37 – Assembleia Geral Extraordinária da FEM convocada pelo então Diretor-Presidente Engenheiro Paulo Rodrigues Fragoso (Fonte: Diário Oficial de 12 de Maio de 1956)	49
Figura 38 – Edifício Garagem América (Andrade, 1999)	50
Figura 39 – Edifício Garagem do Jockey Clube: vistas da montagem e da obra concluída (Dias, 1999).....	50
Figura 40 – Projeto de Rino Levi para a nova capital (Buchmann, 2002).....	51
Figura 41 – Proposta de Fragoso para os superblocos de Brasília (Braga, 2010). ..	52

Figura 42 – Brasília Palace Hotel: a montagem e a obra concluída (Dias, 1999).....	53
Figura 43 – Pavilhão Brasileiro na Expo de Bruxelas (Meurs, 2000).....	54
Figura 44 – Pavilhão de São Cristóvão (Netto, 1975)	54
Figura 45 – Estrutura do Pavilhão de São Cristóvão (Aguirar, 2002)	55
Figura 46 – Edifício Avenida Central durante a montagem da estrutura metálica em 1960 e na sua inauguração em 1961 (Fontes: Revista Módulo, nº 17, 1960)	56
Figura 47 – Edifício Santa Cruz durante a montagem da estrutura metálica em 1962 e no término de sua obra em 1964.....	57
Figura 48 – O Centro de Convenções de Brasília (Fonte: ArPDF, Nº 020906 e 25464, Conteúdo: Obras do Centro de Convenções e Nº 104924 Conteúdo:Vistas de Brasília e Monumentos).....	57
Figura 49 – O presidente da ABPE, Sérgio Marques de Souza (D) entrega a homenagem para Paulo Rodrigues Fragoso (E) (Fonte: Boletim Informativo do Clube de Engenharia – Ano XI – Nº182 – Outubro de 1983).....	58
Figura 50 – Detalhes da estrutura da Torre (Fonte: DEPHA, Revista Brasília - 21/4/1965)	59
Figura 51 – Vista Forma Final da Torre de TV (Fonte: ArPDF)	60
Figura 52 – Desenho TTV-ARQPAI-03_14: Projeto de paisagismo da área de implantação da Torre de TV (Fonte: ArPDF) – Ver Anexo A Prancha 03-14	61
Figura 53 – Desenho TTV-ARQPAI-01_14: Detalhe da Implantação da Torre (Fonte: ArPDF) – Ver Anexo A Prancha 01-14.....	61
Figura 54 – Desenho TTV-ARQPAI-07_14: Corte AA' (Fonte: ArPDF) – Ver Anexo A Prancha 07-14.....	62
Figura 55 – Desenho TTV-ARQPAI-08_14: Cortes BB' (Fonte: ArPDF) – Ver Anexo A Prancha 08-14	63
Figura 56 – Desenho TTV-ARQPAI-04_14: Planta do subsolo da Torre (Fonte: ArPDF) – Ver Anexo A Prancha 04-14.....	64
Figura 57 – Desenho TTV-ARQPAI-06_14: Planta da Cobertura da Torre (Fonte: ArPDF) – Ver Anexo A Prancha 06-14.....	65
Figura 58 – Desenho TTV-ARQPAI-05_14: Planta do 1º pavimento (Fonte: ArPDF,) e detalhe da parede divisória do 1º pavimento (Fonte: http://www.fundathos.org.br , disponível em 1/10/2011) – Ver Anexo A Prancha 05-14.....	66
Figura 59 – Desenho TTV-ESTCAR-01_06: Detalhe da locação dos pilares de concreto armado da Torre (Fonte: ArPDF) – Ver Anexo A Prancha 01-06	67

Figura 60 – Locação dos Pilares (Fonte: Autor - Cotas em “m”)	68
Figura 61 – Desenho TTV-ESTCAR-02_06: Forma do Subsolo (Fonte: ArPDF) – Ver Anexo A Prancha 02-06	69
Figura 62 – Desenho TTV-ESTCAR-03_06: Detalhe da Forma do Pavimento Térreo (Fonte: ArPDF) – Ver Anexo A Prancha 03-06.....	70
Figura 63 – Desenho TTV-ESTCAR-06_06: Forma dos Pilares P1, P2 e P3 (Fonte:ArPDF) – Ver Anexo A Prancha 06-06.....	71
Figura 64 – Desenho TTV-ESTCAR-04_06: Forma do Pavimento Superior, piso do Restaurante (Fonte:ArPDF). – Ver Anexo A Prancha 04-06	72
Figura 65 – Desenho TTV-ESTCAR-05_06: Forma da Cobertura (Fonte:ArPDF) – Ver Anexo A Prancha 05-06.....	73
Figura 66 – Detalhes da estrutura metálica da Torre (Fonte: Novacap)	74
Figura 67 – Locação da Estrutura Metálica (Fonte: Autor - Cotas em “mm”)	75
Figura 68 – Detalhe do acréscimo do pilar sugerido no projeto de montagem (Fonte:ArPDF).....	76
Figura 69 – Placa de Base das Cordas Principais (Fonte: ArPDF, Foto: Autor).....	76
Figura 70 – Detalhe do Trecho I da estrutura metálica da Torre (Fonte: ArPDF) – Ver Anexo A Prancha 02-17 e 03-17.	77
Figura 71 – Detalhes das Emendas das Cordas no Trecho I (Fonte:ArPDF)	78
Figura 72 – Transição entre os Trechos I e II (Fonte: ArPDF, Fotos: Autor)	79
Figura 73 – Transição entre os Trechos I e II (Fonte: ArPDF, Fotos: Autor)	80
Figura 74 – Vista da estrutura do Trecho II (Fonte:ArPDF)	81
Figura 75 – Detalhe da transição entre os Trechos II e III (Fonte: ArPDF).....	82
Figura 76 – Vista do Trecho III da estrutura (Fonte: ArPDF)	83
Figura 77 – Detalhe da estrutura do topo (Fonte: ArPDF)	83
Figura 78 – Detalhe da estrutura do mirante (Fonte: ArPDF)	84
Figura 79 – Estrutura de concreto armado da Torre (Fonte: ArPDF, N ^o :1540 e 1543, Conteúdo: Construção da Torre de TV).	90
Figura 80 – Montagem do mirante de visitação pública (Fonte: ArPDF, N ^o :1546, Conteúdo: Construção da Torre de TV).	91
Figura 81 – Propaganda da Leomar Freire para inauguração de Brasília (Fonte:ArPDF).....	93
Figura 82 – Detalhe do sistema de montagem da estrutura metálica da Torre (Fontes: [a] Correio Braziliense, Brasília, 5/11/1964 e [b] Wesely, 2010).....	97

Figura 83 – Início da montagem da estrutura metálica da Torre de Televisão (Fonte: ArPDF, Nº:1537 e 1532, Conteúdo:Construção da Torre de TV).....	98
Figura 84 – Primeira decoração natalina instalada na Torre (Fonte: Correio Braziliense, Brasília, 25/12/1964) e nova decoração feita no Natal de 2005	99
Figura 85 – Sequência da montagem da estrutura metálica da Torre (Fonte: ArPDF, Nº:1538, Conteúdo:Construção da Torre de TV).....	100
Figura 86 – Vista da cidade do alto da Torre em Junho de 1965 (Fonte: ArPDF, Nº:1551, Conteúdo: Construção da Torre de TV).....	101
Figura 87 – Montagem final da estrutura metálica da Torre (Fonte: ArPDF, Nº:1557 e 1556, Conteúdo: Construção da Torre de TV).	102
Figura 88 – Placa Comemorativa do Fim da Montagem da Torre (Fonte: Autor) ...	103
Figura 89 – Montagem da antena da TV Bandeirantes (Fonte: Correio Braziliense, Brasília, 1/10/1986)	105
Figura 90 – Torre de TV Digital de Brasília, apelidada de Flor do Cerrado	112
Figura 91 – Buchholz Sports Centre (Fonte: Sánchez, 2007).	116
Figura 92 – Diagrama de carga e momento fletor do modelo (Fonte: Autor).....	116
Figura 93 – Detalhe da Inércia Variável das Peças (Fonte: Sánchez, 2007).....	117
Figura 94 – Detalhe dos Aparelhos de Apoio (Fonte: Sánchez, 2007).....	117
Figura 95 – Treliza e a Viga de Substituição (Fonte:autor).....	121
Figura 96 – Gráfico de Isopletas (ABNT, 1988).....	122
Figura 97 – Colunas da ordem Dórica e Jônica (Fonte: Gympel, 2001)	124
Figura 98 – Colunas da ordem Dórica e Jônica (Fonte: Gympel, 2001)	125
Figura 99 – Gráfico da esbeltez (h/a) de torres metálicas (Fonte: Autor)	126
Figura 100 – Croqui de Lucio Costa para a Torre de TV e duas propostas de modelo estrutural com seus respectivos diagrama de deslocamentos (Fonte: Autor)	127
Figura 101 – Variação da força do vento (F_v) com a altura (H) (Fonte: Autor).....	129
Figura 102 – Variação do esforço de compressão com a esbeltez (Fonte: Autor) .	132
Figura 103 – Variação da esbeltez adequada com a altura (Fonte: Autor).....	133
Figura 104 – Variação do esforço normal com a esbeltez (Fonte: Autor).....	134
Figura 105 – Força resultante aplicada no croqui de Lucio Costa (Fonte:Autor)	136
Figura 106 – Esforço de compressão (Fonte: Autor).....	136
Figura 107 – Detalhe da seção dos pilares na base da torre (Fonte: ArPDF).....	137
Figura 108 – Vida útil das estruturas (Andrade, 2005)	141
Figura 109 – A qualidade da estrutura de concreto (Neto, 2005)	143

Figura 110 – Fluxograma para avaliação do grau de deterioração de estruturas de concreto da metodologia GDE/UnB, descrito por Boldo (apud Fonseca, 2007).....	146
Figura 111 – Planilha de inspeção conforme a metodologia GDE/UnB.....	148
Figura 112 – Ações a serem adotadas conforme a metodologia GDE/UnB	149
Figura 113 – Plantas de forma do subsolo, térreo e superior (fonte ArPDF)	150
Figura 114 – Planta de forma da cobertura e cortes da estrutura (fonte ArPDF) ...	150
Figura 115 – Detalhe de armação de viga (fonte ArPDF).....	151
Figura 116 – Vista do restaurante (Fonte:Autor)	181
Figura 117 – Vista do pilar de concreto no pavimento superior (Fonte: Autor).....	181
Figura 118 – Vista do fundo da laje do pavimento superior (Fonte: Autor).....	182
Figura 119 – Detalhe dos Pilares de Concreto Armado no Térreo (Fonte: Autor) ..	182
Figura 120 – Detalhe da Laje da Cobertura do Restaurante (Fonte: Autor)	183
Figura 121 – Detalhe da Laje da Cobertura do Restaurante (Fonte: Autor)	183
Figura 122 – Detalhe do Aparelho de Apoio das Cordas Principais na Laje de Cobertura do Restaurante (Fonte: Autor)	184
Figura 123 – Vista do Trecho I da Estrutura Metálica (Fonte: Autor).....	184
Figura 124 – Detalhes das Ligações no Trecho I (Fonte: Autor)	185
Figura 125 – Detalhes das Ligações no Trecho I (Fonte: Autor)	185
Figura 126 – Detalhes das Ligações no Trecho I (Fonte: Autor)	186
Figura 127 – Vista da Transição do Trecho II (Fonte: Autor).....	186
Figura 128 – Detalhe do Trecho II (Fonte: Autor)	187
Figura 129 – Detalhe da Viga de Transição do Trecho II (Fonte: Autor)	187
Figura 130 – Detalhes do Trecho II (Fonte: Autor)	188
Figura 131 – Detalhe da Transição do Trecho III (Fonte: Autor)	188
Figura 132 – Detalhe da Transição do Trecho III (Fonte: Autor)	189
Figura 133 – Detalhe da Transição do Trecho III (Fonte: Autor)	189

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros para o cálculo da força do vento (Fonte: Autor).....	128
Tabela 2 – Força de Vento conforme as prescrições da NBR 6123 (Fonte: Autor)	128
Tabela 3 – Ponto de Aplicação da Força Resultante	131
Tabela 4 – Esforço de compressão pela esbeltez (H/a)	132
Tabela 5 – Largura da torre (a) em função da esbeltez ideal (H/a) (Fonte: Autor)..	133
Tabela 6 – Intervalos de inspeção em anos – FIP 1998 (apud Fonseca, 2007).	144
Tabela 7 – Tipologias de fissuras no concreto armado (Fonseca, 2007).....	147
Tabela 8 – Relação dos materiais utilizados na obra da Torre de TV em 1960 e a atual especificação da NBR 6118:2003.....	152
Tabela 9 – Planilha de avaliação de pilares.....	153
Tabela 10 – Planilha de avaliação de vigas.....	153
Tabela 11 – Planilha de avaliação de cortinas.....	154
Tabela 12 – Planilha de avaliação de lajes	154
Tabela 13 – Grau de deterioração (G_d) da estrutura de concreto armado da Torre	155
Tabela 14 – Planilha de avaliação da estrutura metálica – grupo Banzos.....	158
Tabela 15 – Planilha de avaliação da estrutura metálica – grupo Montantes e Diagonais	159
Tabela 16 – Grau de deterioração (G_d) da estrutura metálica da Torre.....	159

1 Apresentação

1.1 Introdução

A Torre de Rádio e Televisão de Brasília, localizada no eixo monumental de Brasília, é uma das principais obras construídas pela engenharia brasileira no século XX. Projetada por Lucio Costa e concluída na década de 1960, seu desenho inicial previu uma altura total de 217m, composto por uma base de concreto armado de 25m na qual se apoia uma estrutura metálica com mais 192m de altura.

Aproveitando sua localização na cidade, foi projetado um mirante para visitação pública a 75m de altura do solo. Após a conclusão da montagem de sua estrutura metálica em 1965, a torre de Brasília alcançou a cota 1.337m, a mais alta da nova capital, sendo considerada na época a 4ª torre mais alta do mundo, ficando atrás apenas da Torre de Tóquio (333m), da Torre Eiffel (300m) em Paris e da Donauturm (252m) em Viena (Figura 1).



Figura 1 – As quatro maiores torres do mundo em 1965: (a) Torre Eiffel¹, (b) Torre de Tóquio², (c) Donauturm³ e (d) Torre de Rádio e Televisão de Brasília⁴.

¹ Fonte Disponível em: www.skyscrapercity.com, acesso em 8/8/2009.

² Fonte Disponível em: www.skyscrapers.cn, acesso em 8/8/2009.

³ Fonte Disponível em: www.absoluteastronomy.com, acesso em 8/8/2009

⁴ Fonte: Autor

O caráter monumental do seu projeto fez com que a Torre, mesmo não estando pronta na inauguração de Brasília, se tornasse uma das obras mais marcantes da nova capital, fato demonstrado pela edição do dia 21 de abril de 1960 do Estado de Minas, órgão dos Diários Associados (Figura 2). Com a manchete *Brasília Amanhece*, o jornal ilustrou em sua capa desenhos das personalidades envolvidas na saga da construção de Brasília e suas principais obras: o Palácio da Alvorada, a Catedral, o Congresso Nacional e a Torre de Televisão. O artigo louvava a saga da construção de Brasília, referindo-se à obra da nova capital como documento e testemunho de um monumento de extraordinária beleza, em que uma nação se apossa de seu destino para se projetar no futuro.



Figura 2 – Brasília Amanhece: Capa do Jornal Estado de Minas (fonte: O Estado de Minas, órgão dos Diários Associados, em 21 de Abril de 1960)

A estrutura de concreto armado do embasamento da Torre foi projetada pelo engenheiro pernambucano Joaquim Maria Moreira Cardozo, conhecido de Lucio Costa desde 1940, quando trabalharam juntos no SPHAN - Serviço de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Experiente calculista, Joaquim Cardozo foi o autor dos projetos estruturais dos principais monumentos de Brasília, tais como: o Palácio da Alvorada, o Palácio do Planalto, o conjunto de edifícios do Congresso Nacional, a igreja Nossa Senhora de Fátima e a Catedral Metropolitana.

O projeto de fabricação e montagem da estrutura metálica foi desenvolvido pelo engenheiro, e também pernambucano, Paulo Rodrigues Fragoso, especialista das primeiras estruturas de aço produzidas no Brasil, tais como o Edifício Garagem América construído em 1959 na cidade de São Paulo e o Edifício Avenida Central concluído em 1961 no Rio de Janeiro. O projeto final de Fragoso para a Torre de TV foi dividido em três trechos compostos por treliças, de modo a facilitar a análise estrutural, e seguiu os preceitos básicos do dimensionamento: a economia e facilidade executiva.

O desenho final de Fragoso, porém, apesar da semelhança geométrica de sua forma com o traço inicial proposto por Lucio Costa, apresenta algumas diferenças quanto à concepção apresentada no relatório do Plano Piloto de Brasília.

Este trabalho se insere na linha de pesquisa denominada Forma e Função Estrutural na Arquitetura, que tem por objetivos contribuir para a história da construção de Brasília e desenvolver ferramentas qualitativas de análise estrutural que auxiliem em projetos futuros, utilizando o conhecimento adquirido em obras construídas.

Assim, pretende-se desenvolver a análise de uma obra construída, a Torre de Rádio e Televisão de Brasília, através do levantamento dos aspectos históricos de sua construção, relacionando a forma inicial proposta nos croquis de Lucio Costa com a obra executada. Deseja-se também abordar critérios de manutenção necessários para garantir o bom desempenho da estrutura.

1.2 Motivação e justificativa

As torres sempre fizeram parte das ambições dos construtores de todas as épocas, seja por motivo de defesa, segurança, por ideais espirituais ou por necessidades

cívicas. Inicialmente eram construídas em alvenaria de pedras ou tijolos cerâmicos com altura variando de 60 a 100 metros. Mais tarde, com o surgimento de novos materiais com maiores capacidades resistentes, as torres puderam alcançar alturas superiores a 500m.

Como as pontes, que vencem vãos horizontais como expressão de leveza, a construção de torres possuem a altura como desafio criativo, sendo esse o objeto de fascínio, tanto de seus construtores, como de seus usuários. Para Salvadori (2006), se a gravidade é o que desenha as pontes, as torres são antes de tudo provocações às forças do vento.

As pontes conectam as margens vencendo grandes vãos e criando novos caminhos, enquanto as torres ligam o solo ao céu, não possuindo limites definidos, o que instiga ainda mais sua concepção. Ambas as construções, porém, pontes e torres, buscam objetivos comuns: representar o progresso de uma sociedade e demonstrar o poder criativo de seus construtores.

Suas dificuldades executivas motivam o estudo e o aprimoramento de sistemas construtivos utilizados em obras anteriores, favorecendo o desenvolvimento de novas técnicas, equipamentos e materiais. O ato de se construir uma torre torna-se tão importante como a própria elaboração de seu projeto. O sistema construtivo precisa fazer parte da concepção da edificação.

Dominar tecnologias e expor os benefícios de seu uso sempre fez parte dos anseios das sociedades progressistas. Júlio Verne, escritor francês do século XIX, gostava de demonstrar esse desejo em seus escritos, extrapolando as técnicas de sua época através de um pensamento futuro. No seu texto de 1863, retirado do livro *Paris do Século XX*, Verne descreve uma civilização urbana admirável pelo uso da tecnologia.

“O que teria dito um dos nossos ancestrais ao ver aqueles bulevares iluminados com um esplendor comparável ao sol, aqueles milhares de carros circulando sem ruído sobre o asfalto surdo das ruas, aquelas lojas ricas como palácios, de onde a luz se projetava em irradiações brancas, aquelas vias de grandes comunicações, aquelas praças vastas como planícies, aqueles hotéis imensos, em que vinte mil viajantes se hospedavam suntuosamente, aqueles viadutos tão leves, aquelas longas galerias elegantes, aquelas pontes lançadas de uma rua à outra e, finalmente, aqueles trens cintilantes que pareciam sulcar os ares com uma rapidez fantástica.” (Verne, 1995, p.49).

O significado das torres como obras suspensas no espaço, foi totalmente absorvido durante o século XX, principalmente pela revelação do conteúdo emotivo da torre de 300m de altura construída por Gustave Eiffel em Paris, durante a exposição de 1889. Segundo Relph (1987), a torre era uma demonstração dos engenheiros da força estrutural e da velocidade de construção que podia ser conseguida através da precisão e da produção em massa.

Erguendo-se a uma altura de 300m, a torre de Eiffel parecia simbolizar a superioridade do homem em relação à natureza, através da aplicação da ciência e da engenharia (Relph, 1987). A obra, que por quarenta e um anos se consagrou como a construção mais alta do mundo, pode ser considerada como a materialização das utopias técnica descritas nas obras de Júlio Verne. Para Gideon (2004), a sensação que se experimenta quando se chega ao topo da torre de Eiffel faz dela a irmã terrestre do avião.

Vinte anos após sua inauguração, no início do século XX, a torre de Eiffel deixa de ser vista como um terrível monstro e começa a se adaptar à paisagem urbana. O escultor Raymond Duchamp-Villon (apud Gideon, 2004) integrante do movimento cubista francês manifestou-se nessa época, dizendo que *“essa obra da matemática emergiu do domínio da ciência para o domínio inconsciente da beleza. É mais que um mero cálculo, pois contém um elemento vital: nosso espírito se rende a ela como se tivesse sido emocionalmente tocado pela arte da escultura ou da arquitetura”*.

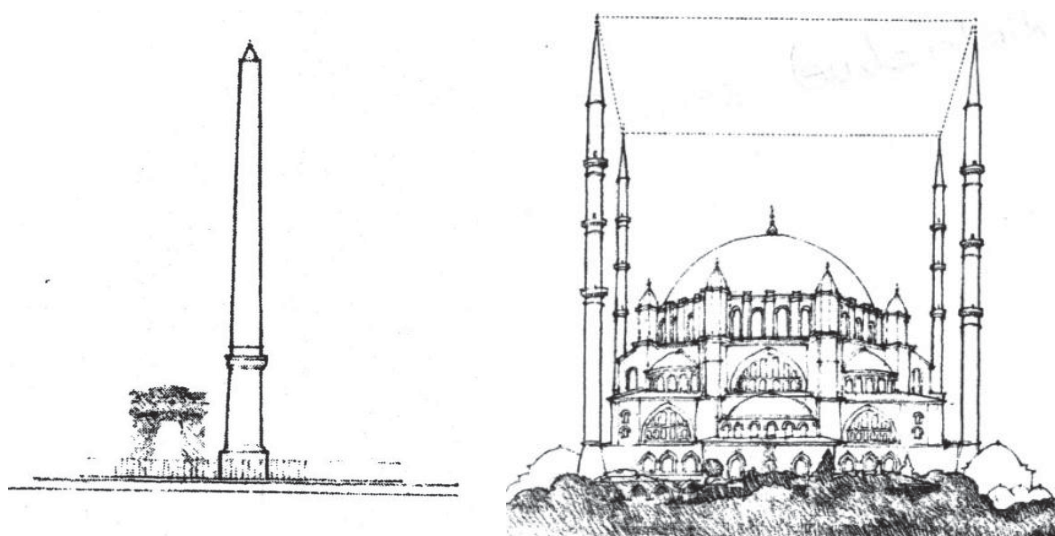


Figura 3 – O Obelisco da Place de La Concordia, em Paris, e Igreja Hagia Sophia, em Istambul (Ching, 2008)

Conforme descrito por Ching (2008), elementos retilíneos verticais como as torres e os obeliscos foram utilizados ao longo da história para estabelecer determinados pontos focais no espaço, ou quando utilizados em conjunto, para definir volumes transparentes (Figura 3).

Os antigos templos egípcios, que combinavam funções religiosas e administrativas, possuíam uma predominância horizontal em suas construções, contraposta, contudo, pela referência vertical projetada em obeliscos e pirâmides, formando os volumes virtuais citados por Ching (2008), (Figura 4).

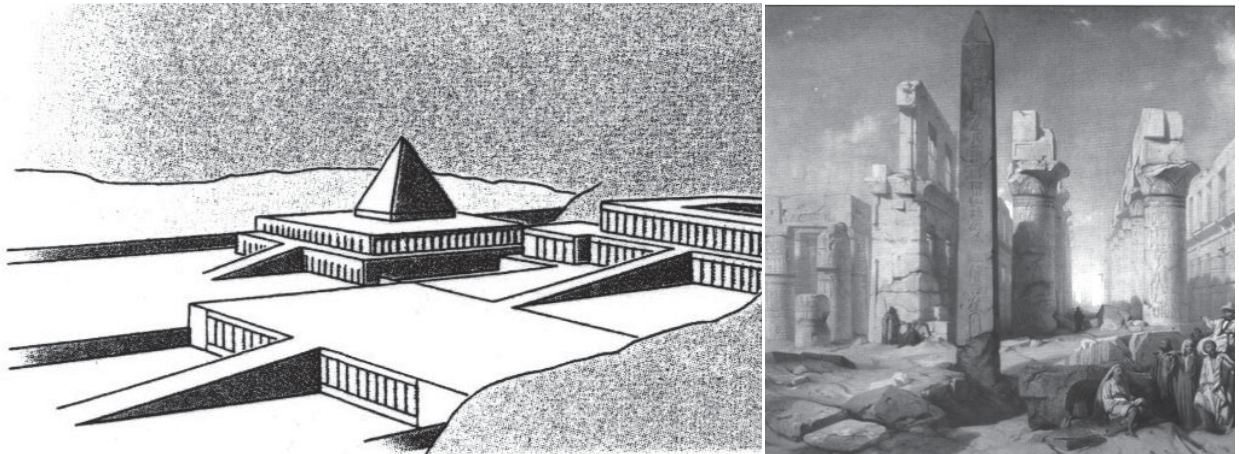


Figura 4 – Deir-el-Bahari, templo funerário de Mentuhotep e Hatschepsut, construído no Egito em 1500 a.C. (Muller, 1999) e o salão Hipostilo no templo de Amon em Karnak, construído no Egito em 1350 a.C. (Strickland, 2003)

Para os egípcios, os obeliscos representaram também a fusão entre a sua arquitetura e a sua escultura. Por trás da pureza geométrica dessa forma, escondia-se todo o simbolismo da cultura egípcia, que apreciava a grandeza, a massa e a solidez como garantias de durabilidade e segurança ilimitada (Strickland, 2003).

No século XVI, durante o pontificado do monge franciscano Felix Peretti (1521-90) - o papa Sisto V - Roma encontrava-se como uma série de desenvolvimentos urbanos fragmentados. Sisto V foi capaz de reunir todos em seu plano diretor, e visando um impulso eclesiástico, ele decidiu por conectar através de estradas as sete principais igrejas e santuários da cidade, permitindo que os fiéis as visitassem ao longo de um dia de peregrinação (Gideon, 2004).

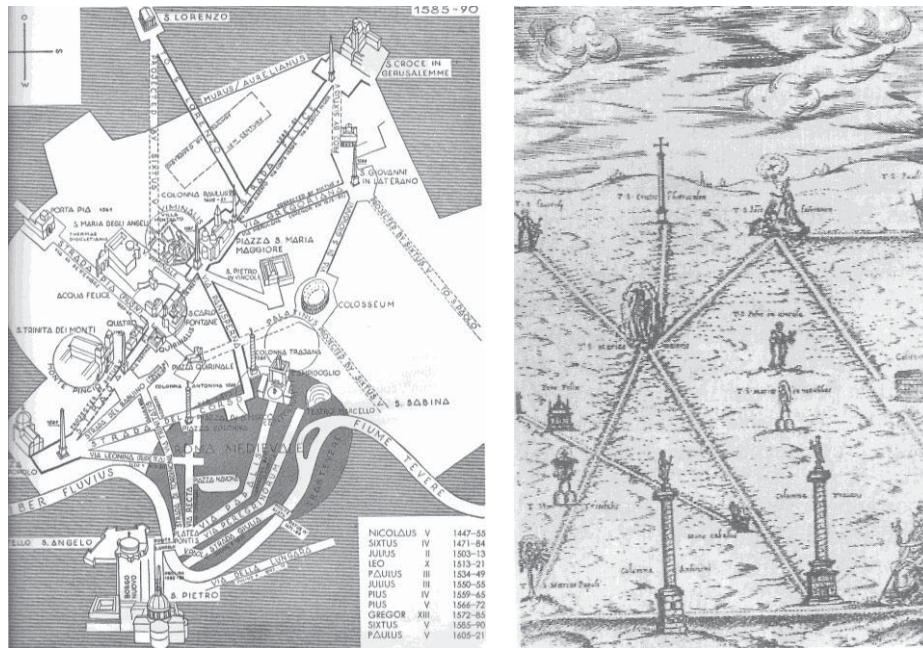


Figura 5 – O planejamento da Roma barroca por Sisto V (Gideon,2004)

Apesar do curto período, Sisto V ascendeu ao trono papal aos sessenta e quatro anos, e aos sessenta e nove sucumbiu à malária, ele conseguiu executar simultaneamente todas as partes do seu plano diretor, incorporando, cuidadosamente, o que fosse possível das obras dos seus predecessores (Gideon, 2004).

Sisto V integrou sua nova rede viária (Figura 5) com uma série de obeliscos que tinham além do aspecto escultural, a função de servir como elementos de referência vertical e de concentração espacial. Conforme descrito por Gideon (2004), “*como se tivesse em mãos uma vara de condão divina, Sisto V posicionou seus obeliscos em pontos nos quais, durante os séculos subsequentes, as mais esplêndidas praças se desenvolveriam*” (Figura 6).

Para Gideon (2004), Sisto V foi o primeiro planejador urbano moderno. Desde o início ele percebeu a cidade como um organismo complexo e sabia que a beleza das praças abertas e das ruas amplas tinha de ser apoiada por equipamentos sociais.

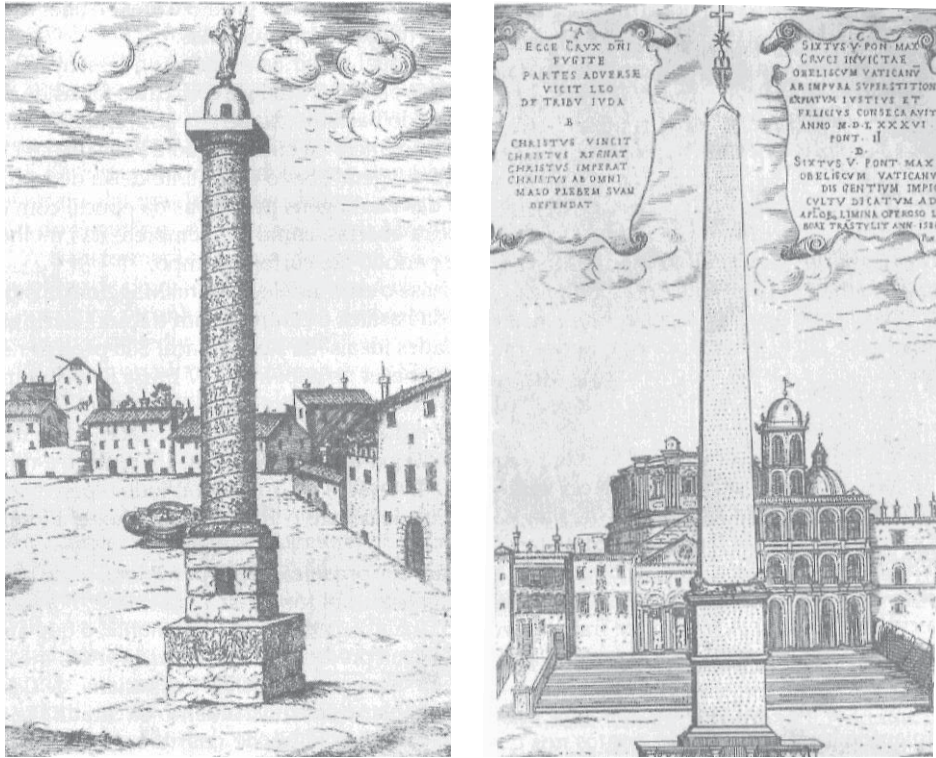


Figura 6 – Dois dos elementos verticais posicionados por Sisto V em Roma, a coluna Antonina na Piazza Colonna e o Obelisco diante da Basílica de São Pedro (Gideon, 2004).

A experiência de uma torre como elemento de referência vertical na composição da cidade foi repetida pelo francês Pierre L'Enfant no plano urbanístico de Washington D.C., através da construção em 1884 do obelisco erguido entre o prédio do Capitólio e do monumento a Lincoln. O monumento tem uma altura de 170m e pode-se chegar ao seu topo por elevador ⁵ (Figura 7).

Nos anos de 1935 a 1949, durante a feira mundial de Nova York na localidade de Flushing Meadows, no Queens, com a mesma proposta de L'Enfant, foi projetado por Wallace Harrison e André Fouilloux - o Trylon - um imenso obelisco de 183 metros de altura que funcionava como um portal monumental visível a enorme distância, porém, com um objetivo a mais, funcionar como antena de rádio e televisão (Cavalcanti, 2006), (Figura 7).

⁵ Fonte Disponível em: <<http://www.loc.gov/exhibits/treasures/tri001.html>>. Acesso em: 22/8/2009.

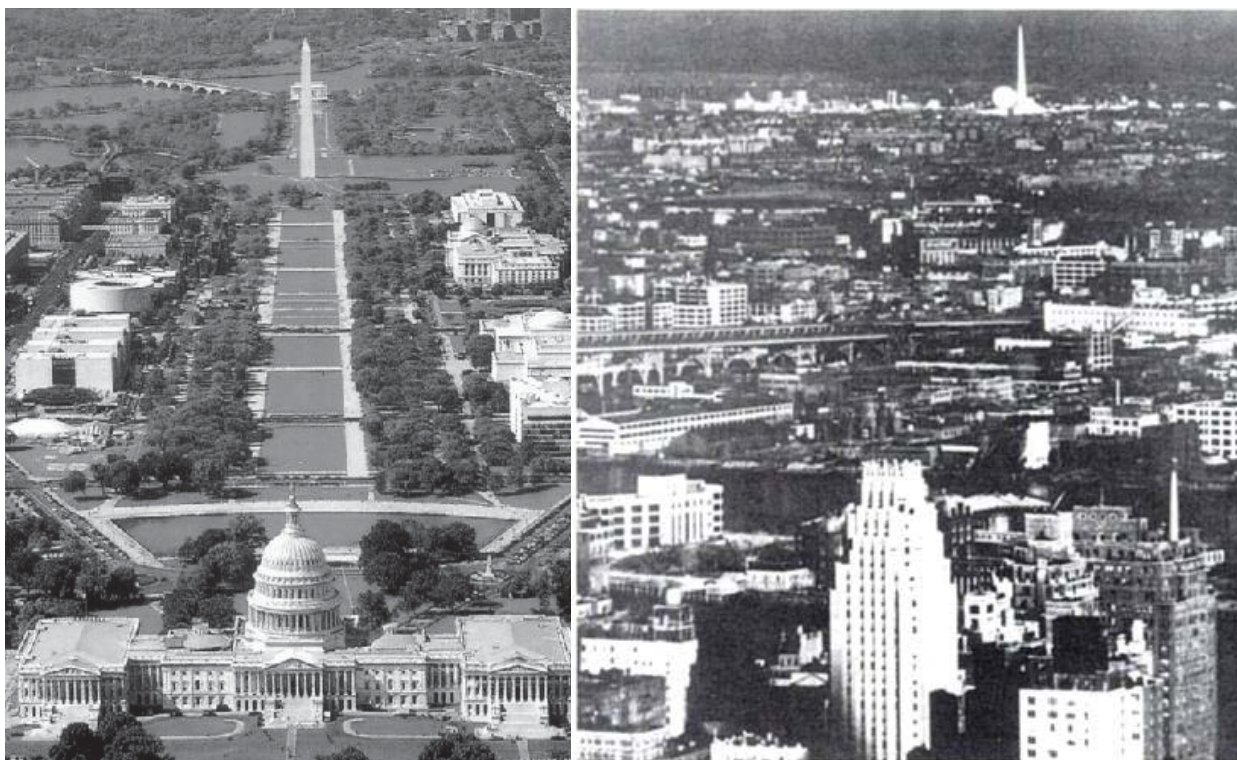


Figura 7 – Obelisco de Pierre L'Enfant em Washington D.C.⁶ e o Tylon em Nova York (Smith, 1993)

A partir da década de 1950, a televisão começa a funcionar formalmente, impulsionando a construção de torres, agora também com fins tecnológicos. Esse tipo de construção, além de seu caráter monumental, passou a ser uma necessidade comum das cidades em desenvolvimento, favorecendo sua assimilação como edificações próprias das paisagens urbanas.

A Torre de Rádio e Televisão Russa foi projetada pelo engenheiro siberiano Nikolai Nikitine com a consultoria do escritório de Fritz Leonhardt. Executada em estrutura de concreto armado, possui 533m de altura e um peso total de 55.000 toneladas. Localizada no distrito Ostankino de Moscou, a torre foi inaugurada em 1967 durante a comemoração do quinquagésimo aniversário da revolução bolchevique e é responsável pelos sinais de telecomunicação da região (Figura 8). Além de suas características arquitetônicas⁷, a torre surpreende por sua implantação em uma cidade com predominância de prédios baixos, tornando-se uma referência vertical na paisagem urbana.

⁶ Fonte Disponível em: <www.palmhaven.info/Data/Docs>. Acesso em 22/8/2009.

⁷ Fonte disponível em: <<http://www.great-towers.com>>. Acesso em: 22/8/2009.

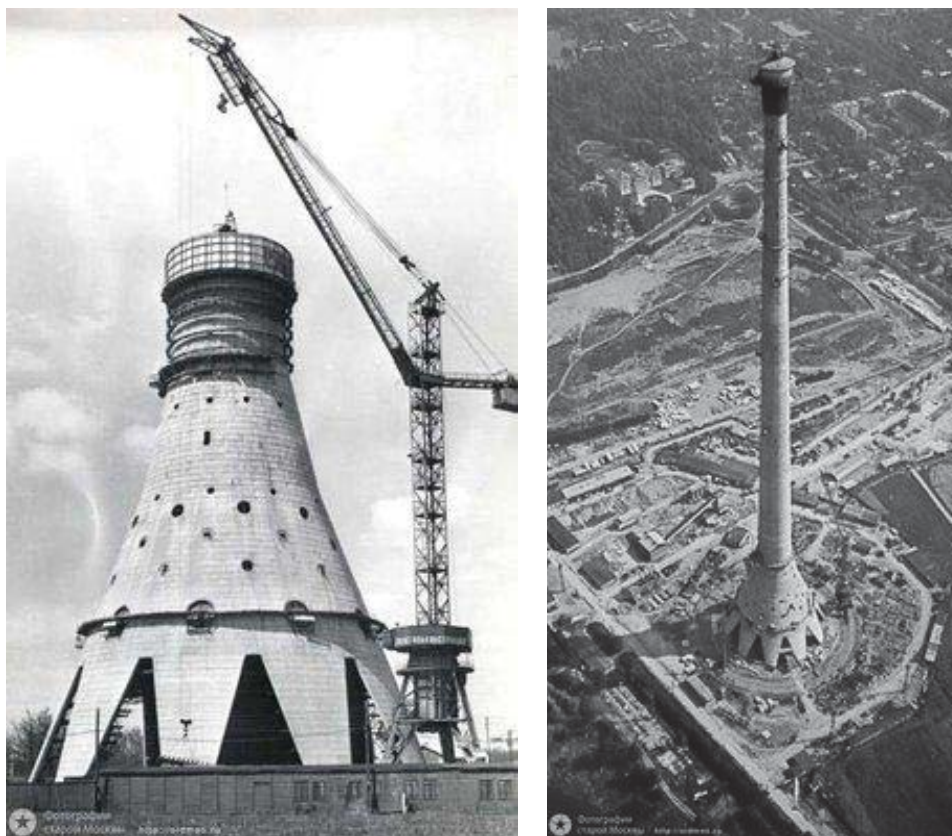


Figura 8 – Torres Ostankino em Moscou⁸.

A construção da Torre Nacional do Canadá, ou simplesmente Torre CN, na cidade de Toronto, foi iniciada em 1973 com altura de 553m e buscou resolver os constantes problemas urbanos de comunicação, além de demonstrar a força da indústria canadense (Figura 9). Hoje, mais do que isso, a Torre converteu-se no símbolo da nova imagem da cidade e no principal cartão postal de Toronto, atraindo mais de dois milhões de visitantes anualmente.

A torre, com 130.000 toneladas, foi construída em quarenta meses e teve um custo total de 57 milhões de dólares. Após sua conclusão em 1975, a Torre CN ultrapassou a Torre Ostankino, sendo considerada a estrutura mais alta do mundo. Em 12 de setembro de 2007, após ser detentora do título por 32 anos, a torre CN foi ultrapassada em altura pelo edifício Burj Dubai nos Emirados Árabes Unidos, que alcançará a altura de 818m na sua conclusão, prevista para setembro de 2009⁹.

⁸ Fonte Disponível em: <www.moscowtopnews.com>. Acesso em 22/8/2009.

⁹ Fonte disponível em: <<http://www.great-towers.com>>. Acesso em: 22/8/2009.



Figura 9 – A Torre CN em Toronto¹⁰.

Apesar do caráter funcional destas Torres como elementos de telecomunicações, ambas tiveram um forte apelo simbólico, alcançando em menos de 80 anos uma altura próxima do dobro da torre construída por Gustave Eiffel. Em abril de 2011, a Tokyo Sky Tree (Figura 10), na cidade de Tóquio no Japão, atingiu a sua altura final de 634m, ultrapassando a Canton Tower, construída em Guangzhou na China, então a torre de transmissão de TV mais alta do mundo com 600m (Revista *Téchne*, 2011).

Além da dificuldade construtiva desses edifícios altos, que consideram em seus projetos tanto a ação do vento, como possíveis efeitos decorrentes de abalos sísmicos, existe também o desafio urbanístico da obra, relacionado com a inserção deles no ambiente já construído e o impacto de tais obras no desenho das cidades.

¹⁰ Fonte Disponível em: <www.aviewoncities.com>. Acesso em 8/8/2009.

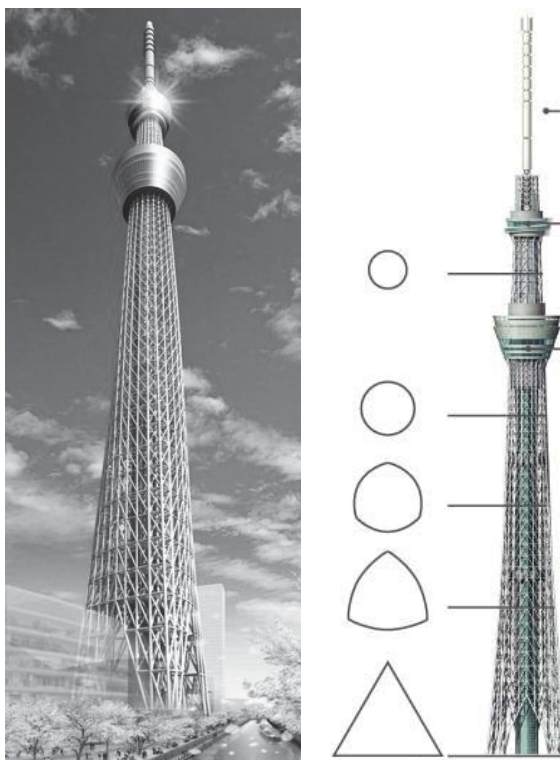


Figura 10 – Tokyo Sky Tree¹¹

O próprio Gustave Eiffel, no início do projeto de sua torre em Paris, temeu abalar o gosto reinante com a construção de uma estrutura nua e resoluta no coração de uma cidade cuja paisagem urbana já era plenamente assimilada por seus moradores e visitantes (Gideon, 2004).

Tecnicamente, porém, Gustave Eiffel estava plenamente preparado quando propôs em 1887 a construção de uma torre de 300m de altura com quase o dobro da mais alta edificação já construída. Segundo Gideon (2004), Eiffel aprendeu a dominar os elementos do clima, da água, do solo e do vento. Durante vinte anos ele planejou e construiu estações de trem, galpões, viadutos e pontes em estruturas de ferro. Em cada obra era desenvolvido um novo conceito que era incorporado ao seu acervo de soluções técnicas. Assim, ele ergueu os 15.000 elementos estruturais de sua torre de 8.000 toneladas, dentro do prazo e do orçamento estabelecido, sem que ocorresse um único acidente com seus 250 trabalhadores.

Lucio Costa, por outro lado, construiu uma única torre, sem experiência anterior em estruturas semelhantes. Juntou para tal, uma equipe composta pelos melhores

¹¹ Fonte Disponível em: <www.tokyo-skytree.jp> . Acesso em 30/4/2011.

projetistas de estruturas da época: Joaquim Cardozo, para o cálculo do embasamento de concreto armado e Paulo Rodrigues Fragoso para o projeto da estrutura metálica.

Apesar disso, Lucio Costa foi o primeiro projetista a alcançar simultaneamente todas as funções de uma edificação vertical. Sua torre foi concebida como parte do desenho urbano de Brasília, funcionando conforme o desejo de Sisto V de ser um elemento de referência, um ponto focal e de concentração espacial. Seu projeto possui o desafio e o aspecto monumental, como o da torre construída por Eiffel, a herança plástica escultural dos obeliscos egípcios e a capacidade de conectar-se com o mundo através da tecnologia de telecomunicações.

A motivação principal do trabalho é a análise da obra construída da Torre de TV de Brasília, considerando aspectos históricos de sua concepção e construção, da forma estrutural proposta e das manifestações patológicas decorrentes do seu uso. O trabalho justifica-se por resultar em uma maior compreensão da obra do arquiteto e urbanista Lucio Costa.

1.3 Objetivos e descrição dos capítulos

O presente trabalho tem como objetivo analisar a obra da Torre de Rádio e Televisão de Brasília, projetada por Lucio Costa, e pretende responder as seguintes questões, estabelecidas durante o projeto de pesquisa:

- a) Qual a importância da Torre de TV no Plano Piloto de Brasília e qual foi a intenção de Lucio Costa ao participar, pessoalmente, do desenvolvimento do seu projeto;
- b) Como transformar o conhecimento do comportamento estrutural de torres metálicas numa ferramenta qualitativa que auxilie a concepção da forma arquitetônica;
- c) Qual a situação da obra, do ponto de vista de durabilidade de seus materiais, em função das opções de projeto e dos detalhes construtivos executados;

A pesquisa se insere na linha denominada Forma e Função Estrutural na Arquitetura de Brasília e tem como metodologia a análise da obra através de uma visão histórica

da sua construção, do entendimento qualitativo de seu comportamento estrutural e de inspeções para avaliação da situação da construção.

O trabalho está dividido em seis partes e dois anexos, A e B. O Capítulo 1 inclui esta apresentação que contém uma introdução, um texto explicando o que motivou e justificou o desenvolvimento do tema, e os objetivos da pesquisa.

O Capítulo 2, denominado A Concepção da Torre de TV, apresenta uma pesquisa sobre os autores do projeto da Torre de TV de Brasília, incluindo um estudo sobre a obra de Lucio Costa, que concebeu e desenvolveu o projeto de arquitetura, e um levantamento da trajetória profissional dos engenheiros responsáveis pela estrutura da Torre, Joaquim Cardozo, autor do projeto de estrutura de concreto armado e Paulo Rodrigues Fragoso, responsável pelo projeto de fabricação e montagem da estrutura metálica. Será mostrado também um levantamento dos projetos executivos de arquitetura e estrutura da Torre de TV, contendo os principais desenhos elaborados para a construção do prédio.

O Capítulo 3 mostra a história da construção da Torre, iniciada em 1960 com o contrato para execução das fundações e da estrutura de concreto armado. Apresentam-se também dados técnicos da obra, informações sobre a ampliação de sua parte metálica e os contratos para manutenção do prédio.

O Capítulo 4 tem por objetivo fazer uma análise da Torre através do conhecimento do seu comportamento estrutural, descrevendo os carregamentos e os esforços responsáveis pelo dimensionamento de sua forma. Através desses conceitos, propõe-se uma avaliação qualitativa da estrutura do prédio, utilizada como ferramenta para auxiliar na concepção da forma arquitetônica.

O Capítulo 5 mostra as condições atuais da estrutura da Torre de TV, através de vistorias feitas no local e com o uso da metodologia GDE/UnB para a quantificação do grau de deterioração de estrutura de concreto armado, na sua versão modificada por Fonseca (2007). Apresenta-se uma proposta de adaptação dessa metodologia para a avaliação das condições da estrutura metálica da Torre.

O Capítulo 6 apresenta as conclusões e sugestões para trabalhos futuros dentro da mesma linha de pesquisa.

O Anexo A apresenta os desenhos no formato A3 que compõe o projeto executivo da Torre de TV, desenvolvidos pelos seus respectivos responsáveis técnicos e obtidos no Arquivo Público do Distrito Federal. Foram divididos conforme o assunto em três grupos: Arquitetura e Paisagismo (ARQPAI) com 14 desenhos, Estrutura de Concreto Armado (ESTCAR) com 6 e Estrutura Metálica (ESTMET) com 17 desenhos, e catalogados com novos nomes para facilitar a compreensão. Uma tabela no início de cada assunto descreve o conteúdo existente nos desenhos.

Para facilitar o entendimento do prédio, o Anexo B da pesquisa mostra um relatório com algumas fotos tiradas pelo autor durante suas visitas de inspeção, organizadas a partir do Pavimento Térreo até o Trecho III da Estrutura Metálica.

2 A Concepção da Torre de TV

2.1 Introdução

Este capítulo tem por objetivo estudar a concepção da Torre de TV de Brasília, suas intenções e influências, e comparar a proposta inicial com o projeto executado. Propõe-se para isso uma pesquisa sobre os autores do projeto, incluindo um estudo sobre a obra de Lucio Costa, que concebeu e desenvolveu o projeto de arquitetura, e um levantamento da trajetória profissional dos engenheiros responsáveis pela estrutura da Torre, Joaquim Cardozo, autor do projeto de estrutura de concreto armado e Paulo Rodrigues Fragoso, responsável pelo projeto de fabricação e montagem da estrutura metálica. Será mostrado também um levantamento dos projetos executivos de arquitetura e estrutura da Torre de TV, contendo os principais desenhos elaborados para a construção do prédio.

2.2 Sobre Lucio Costa

Lucio Marçal Ferreira Ribeiro de Lima e Costa nasceu em 27 de fevereiro de 1902, em Toulon, na França, em razão de uma das inúmeras viagens do pai a serviço do governo brasileiro. Veio para o Rio de Janeiro com poucos meses e retornou à Europa aos oito anos, onde morou até os quinze anos de idade. Assim, a sua formação acadêmica foi também composta por todo o lastro cultural oriundo da educação básica européia (Costa, 1995).

Segundo Lucio (Costa, 1995), seu pai sempre quis ter um filho artista e desde cedo, quando ainda moravam na Inglaterra, ele estudou desenho com uma professora particular. Em 1917, de volta ao Brasil, seu pai o matricula aos 15 anos na Escola de Belas Artes do Rio de Janeiro. Ele, porém, acaba se formando em arquitetura em 1924. Sua turma se formou em 1922, mas por começar a trabalhar ainda estudante, atrasou sua graduação em dois anos.

Era o mais novo da turma e a fama de bom desenhista fez com que a Escola o enviasse para Diamantina para auxiliar nos levantamentos de uma pesquisa sobre construções coloniais. Observou atento a todos os detalhes construtivos e confrontou as obras do período colonial com a arquitetura que então se fazia.

Nesse período, Lucio aperfeiçoou o seu desenho e sua noção de escala, além de entender a construção como um todo, mas a partir de suas partes. Aprendeu a conceber detalhes executivos através da percepção de obras construídas. Apaixonou-se pela arquitetura e pelas minúcias da técnica construtiva. Percebeu que para criar o moderno, algo que representasse o seu tempo, precisaria conhecer o passado: *“Caí em cheio no passado, no seu sentido mais despojado, mais puro; um passado de verdade, que era novo em folha para mim”* (Costa, 1995).

“Como foi construído?”, era a primeira resposta de Lucio às indagações sobre alguma construção, e segundo Maria Elisa Costa¹² – filha mais velha de Lucio Costa e arquiteta da equipe da Divisão de Urbanismo, responsável pelo desenvolvimento do Plano Piloto – sempre complementava: *“olhe, repare, preste a atenção.”* Para ele, a visão do arquiteto que observa um prédio deveria estar sempre associada ao entendimento da construção e se dizia sentir o mais brasileiro dos brasileiros por ter nascido e vivido fora tantos anos. Suas viagens sempre representaram uma possibilidade de alimentar sua curiosidade em conhecer e entender as raízes da arquitetura e da construção brasileira.

Lucio era um homem despojado, mas de pensamento abrangente. Conforme reiterado por Maria Elisa Costa¹³ é preciso entender Lucio Costa para falar de suas obras, técnica comum na análise dos trabalhos dos grandes arquitetos.

A ruptura de Lucio Costa com o movimento neocolonial, para ele uma aberração que não correspondia mais à realidade, e sua adesão ao modernismo travou-se como uma guerra santa. Ele descobriu que o século XX provocou um desencontro entre a tecnologia de construção moderna e a arquitetura acadêmica. As paredes já não serviam como apoios, transformaram-se em elementos de vedação e a estrutura passou a ser algo independente. O chamado movimento neocolonial aplicava-se recursos da arquitetura religiosa em arquitetura civil (Costa, 1995).

Lucio Costa sempre dizia que cada época tem a sua cara, e a sua grande questão era descobrir qual era linguagem do seu tempo. Aos 22 anos, ele ainda não tinha

¹² Conforme entrevista concedida ao autor em maio de 2008.

¹³ Conforme entrevista concedida ao autor em maio de 2008.

segurança suficiente para saber se era possível fazer uma arquitetura bela com a tecnologia de construção que se iniciava no século XX.

Mas ao perceber o descompasso entre seu trabalho e sua época, Lucio Costa torna-se intransigente, não conseguia trabalho porque se recusava a fazer casas de estilo. Seus projetos eram rejeitados, sua clientela desapareceu, mostrando o desinteresse por suas novas propostas arquitetônicas. Foram anos de dificuldades financeiras, mas de intenso estudo. Adquiriu nesse período um profundo conhecimento da arquitetura que surgia através do estudo das obras de Gropius, Le Corbusier e Mies Van der Rohe.

Lucio resolve largar totalmente a arquitetura acadêmica e começa a desenvolver as chamadas “casas sem donos” (Figura 11). Publicava-as de forma caseira em álbuns com cópias heliográficas dos projetos, que ele pretendia vender em bancas de jornal. O preço, escrito na capa, era de quinze mil réis.

Só uma publicação foi vendida, comprada por um amigo. O moderno ainda era muito mal visto pela população em geral. Lucio, porém, continuava e além de querer mostrar a cara da nova arquitetura – uma verdadeira panfletagem dos ideais da arquitetura moderna – tinha uma enorme vontade de projetar. Ao contrário de muitos arquitetos que se revelam após seus sucessos, Lucio alcançou sua melhor formação profissional no fracasso (Costa, 1995).

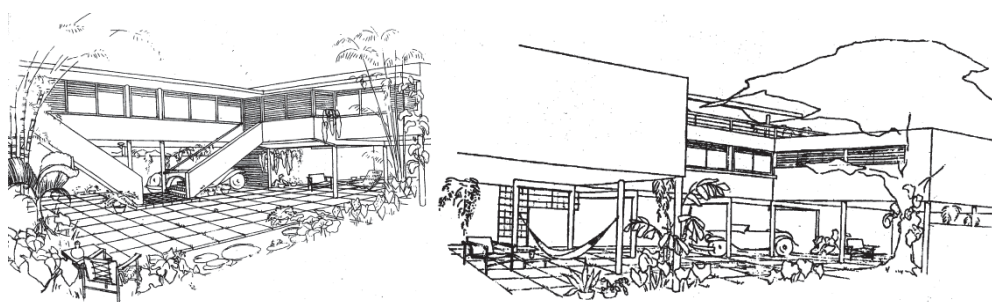


Figura 11 – Croquis de Lucio para as "casas sem dono" (Peregrino, 2002).

Em 1935, o arquiteto Archimedes Memória vence o concurso de anteprojetos para a nova sede do Ministério da Educação e Saúde Pública. Insatisfeito com o resultado do concurso, o então ministro Gustavo Capanema, que tinha a intenção de deixar

clara a cara do Brasil moderno, encomenda a Lucio Costa a realização de outro projeto. Surge assim, a grande oportunidade de Lucio expor as ideias da nova arquitetura.

Lucio se dizia muito individualista, mas abriu mão de um trabalho solitário e forma um grupo para desenvolver o projeto que seria um marco da arquitetura moderna no Brasil e no mundo. Foi para Lucio o seu primeiro gesto profissional acertado. Eram quatro arquitetos, Lucio Costa, Carlos Leão, Afonso Eduardo Reidy e Jorge Moreira. Ernani Vasconcelos entrou depois como sócio de Jorge Moreira, provocando uma reação de Oscar de Niemeyer: “*Se o Moreira quer por o sócio dele no projeto, eu, que participo do seu escritório como amigo há um ano, também quero entrar*” (Costa, 1995).

Oscar Niemeyer quando ainda estudante de arquitetura apareceu no escritório de Lucio com a firme intenção de lá trabalhar. Lucio explicou que seria impossível, não havia trabalho no seu escritório e não poderia pagar nada a ele. Oscar não se incomodou com isso, ele pretendia pagar para trabalhar. Lucio logicamente não aceitou tal ideia, mas concordou que Oscar frequentasse seu escritório por mais de um ano, sem revelar, contudo, nenhum talento. Como afirmaria Lucio, Niemeyer era apenas um simpático desenhista (Costa, 1995).

Mais tarde, a partir do intenso contato com Le Corbusier durante as discussões sobre o prédio do Ministério da Educação e Saúde Pública, Oscar iria começar a revelar o seu talento.

Lucio insistia que a obra do Ministério só poderia começar após a aceitação de Le Corbusier, mestre maior da arquitetura moderna. Ele queria ter a confirmação de que o projeto fosse de pleno agrado de Le Corbusier. Após suas insistentes explanações sobre a importância da participação de Le Corbusier, o ministro Capanema propõe a Lucio um encontro com o presidente Getúlio Vargas para que ele explicasse suas ideias. Para o ministro, o projeto apresentado pela equipe de Lucio já atendia os seus interesses e não precisaria de outro consultor, principalmente, um estrangeiro (Costa, 1995).

Vargas, assim como o Ministro Capanema, questionou inicialmente o motivo de se chamar um arquiteto estrangeiro para dar uma opinião sobre algo já

satisfatoriamente resolvido. Porém, após ouvir as apaixonadas explicações de Lucio sobre o movimento iniciado por Le Corbusier, o presidente autorizou chamá-lo. Foi como ceder ao capricho de uma criança, um avô que cede ao intenso desejo de um neto (Costa, 1995).

Le Corbusier chegou ao Rio de Janeiro na madrugada do dia 13 de julho de 1936 em um Zeppelin que foi ancorado no hangar na base aérea de Santa Cruz a quarenta e cinco quilômetros do centro da cidade. Um verdadeiro acontecimento: o mestre da nova arquitetura descendo da fabulosa máquina de voar (Figura 12).

Le Corbusier trabalhou com a equipe de Lucio por um mês. Sua primeira impressão foi de que o terreno estava errado, tal prédio, monumental como pretendia ser a sede de um importante ministério federal, mereceria uma exposição melhor e não ficar cercado de prédios vulgares.

O ministro Capanema, apesar de entender e aceitar a ideia, não teria como viabilizá-la a tempo. Existia uma impossibilidade de se trocar um terreno federal pelo terreno municipal desejado por Le Corbusier na Avenida Beira-Mar. E o governo tinha pressa, as eleições aconteceriam em pouco mais de um ano, não havia tempo para procurar outro terreno.



Figura 12 – A chegada do Zeppelin de Le Corbusier no Rio de Janeiro.¹⁴

¹⁴ Fonte Disponível em: <<http://www.quarteirao.com.br/hangar.html>>. Acesso em 10/11/2008.

Após isso, Le Corbusier desenvolveu uma nova proposta, dessa vez para o terreno existente, mas conforme citado por Maria Elisa¹⁵ foi a sua primeira ideia que realmente influenciou o desenho final do prédio. Fácil perceber isso quando analisamos seu croqui inicial, diminuindo a largura do edifício principal e aumentando sua altura (Figura 13 e Figura 14).



Figura 13 – Proposta de Le Corbusier para o MESP na avenida Beira-Mar (Costa, 1995).

Le Corbusier não teve nenhuma participação no projeto realizado, o grupo é que procurou fazer algo que Corbusier gostasse (Costa, 1995). E ele só conheceu o prédio do Ministério quando veio ao Brasil em 1963 conhecer o terreno onde seria a construída a futura embaixada da França em Brasília, que Le Corbusier projetaria, obviamente por insistente recomendação de Lucio Costa. O mestre da arquitetura moderna conheceria, ao mesmo tempo, o prédio do Ministério da Educação e a cidade de Brasília.

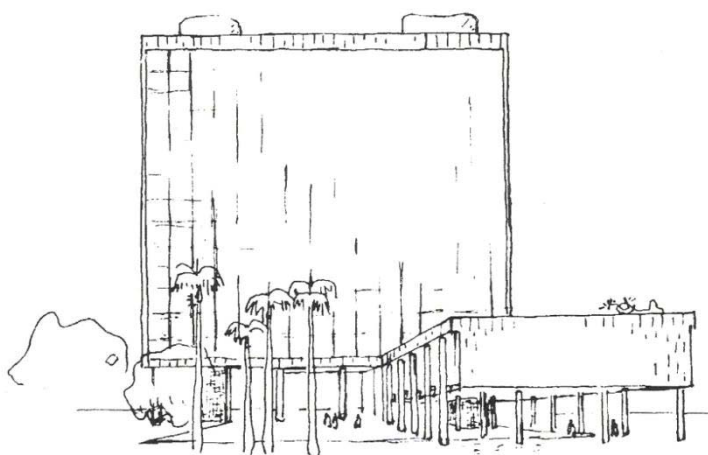


Figura 14 – Croqui de Lucio do prédio do MESP construído (Peregrino, 2002).

¹⁵ Conforme entrevista concedida ao autor em maio de 2008.

Entre os anos de 1938 e 1940, Lucio participa do segundo projeto determinante para arquitetura moderna brasileira: o Pavilhão do Brasil na Feira Mundial de Nova York. Criada para revitalizar os negócios da cidade, fortemente atingidos pela crise financeira de 1929, a Feira tinha como tema: *Construindo o Mundo de Amanhã*. Sua estrutura era composta por três setores: uma área central ocupada pelas grandes e potentes empresas dos EUA, um segmento dedicado aos pavilhões nacionais e um último destinado aos estados da confederação norte-americana.

Lucio vence sozinho o concurso, mas apesar disso, reconhecendo as virtudes do projeto de Oscar Niemeyer, classificado em segundo lugar, convida-o para trabalharem juntos na construção do Pavilhão. Embarcaram com mulheres e filhas em abril de 1938, aportando na ilha de Manhattan, onde trabalharam durante um ano no detalhamento da nova proposta. Utilizaram para tal uma sala no escritório do arquiteto Wallace Harrison, conhecido de Lucio, no Rockefeller Center. Do local era possível avistar a imagem do Tylon, uma torre de aproximadamente 213m de altura que simbolizava a Feira Mundial de Nova York (Figura 7).

Construído em apenas cinco meses, o prédio tinha três andares com estrutura mista de aço e concreto (Figura 15). Apesar de contar com vários dos conceitos introduzidos por Le Corbusier, o projeto antecipou uma linguagem brasileira própria com a liberdade de sua rampa, flexibilidade de seus volumes, proteção da insolação com elementos fixos, uso da curva como elemento expressivo e indistinção do espaço interno e externo (Cavalcanti, 2006).

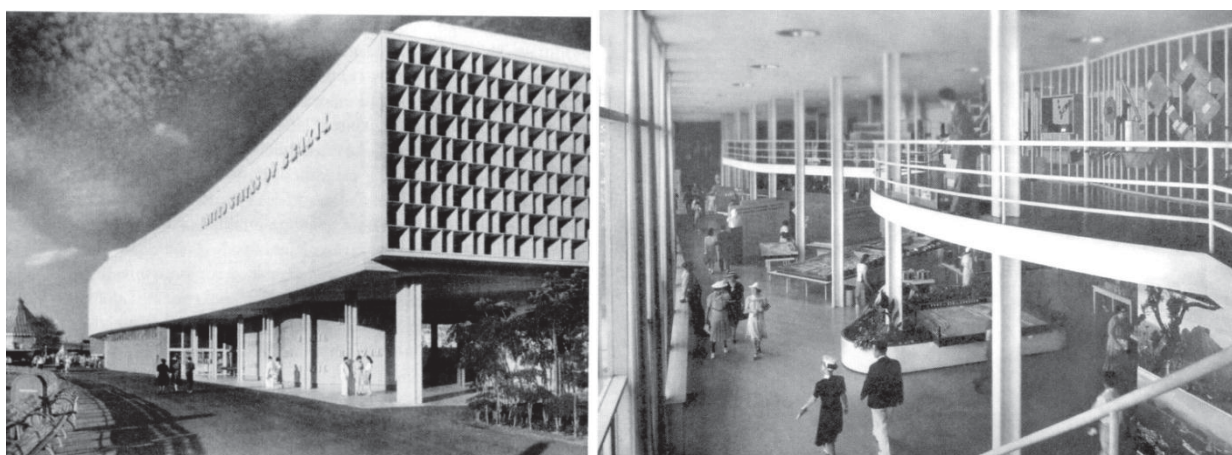


Figura 15 – O Pavilhão Brasileiro em Nova York (Cavalcanti, 2006).

Em 1948, Lucio desenvolve o plano de urbanização do Parque Eduardo Guinle na cidade do Rio de Janeiro. O portal, localizado na rua de acesso aos prédios demonstra sua preocupação em ordenar e organizar o espaço, visando sempre uma determinada finalidade. Projeta também a arquitetura de seu conjunto de prédios, os primeiros edifícios residenciais construídos sobre pilotis, proposta diretamente ligada à concepção das superquadras de Brasília.

A intenção inicial dos Guinle, proprietários do terreno, era construir algo imitando o Palácio das Laranjeiras. Lucio ponderou que isso poderia resultar numa espécie de senzala ao lado da casa grande (Costa, 1995).

A dificuldade, porém, seria vencer a resistência da classe média alta carioca da época em morar em apartamentos. Lucio resolve então, reviver nas plantas dos apartamentos características da tradicional casa brasileira, como a varanda social e caseira. Apenas três dos seis prédios propostos por Lucio foram construídos, o edifício Bela Cintra, Bristol e Caledônia. O conjunto do Parque Guinle (Figura 16) foi para Lucio Costa como um manifesto, os edifícios atuando urbanisticamente, um gesto de monumentalidade para representar um contraponto ao Palácio das Laranjeiras (Wisnik, 2003).

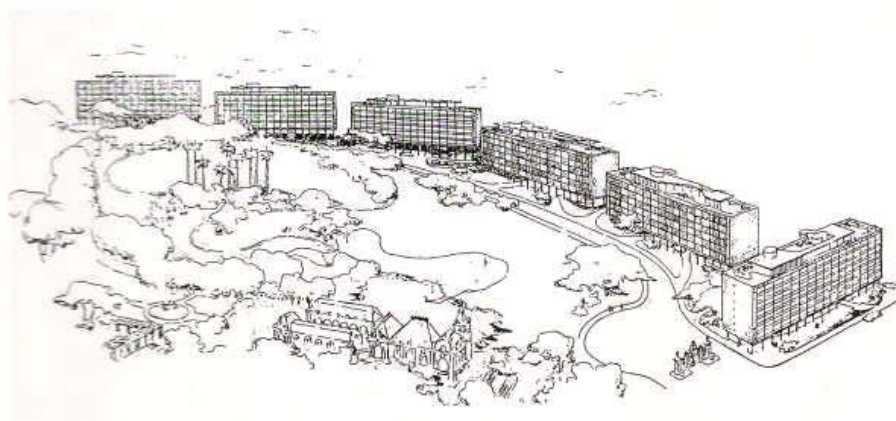


Figura 16 – Croqui do conjunto habitacional do Parque Guinle (Wisnik, 2001).

Quando se oficializou o concurso para o Plano Piloto de Brasília, várias equipes convidaram Lucio Costa para participar, mas ele gentilmente negou. Lucio ainda não estava interessado no concurso. Viajou para os Estados Unidos e começou a se interessar por Brasília na sua volta, quando percebeu, pelo início da obra do Palácio da Alvorada, a real intenção do presidente Juscelino de construir a nova capital.

Faltando dois meses para o término da inscrição do concurso, Lucio pensa em uma solução para a cidade que lhe pareceria válida (Costa, 1995). Isolou-se em casa e sozinho projetou a nova capital, representando suas ideias em croquis e palavras. Mesmo sem ampliar as escalas dos desenhos, Lucio conseguiu entrar em pormenores da cidade, como na descrição de um cemitério com “*sepulturas rasas e lápides singelas*” (Buchmann, 2002).

Descreveu sua visão da cidade como alguém que enxerga diante de si suas construções, seus espaços e moradores. Resolveu o problema tomando por base a realidade. Ele nunca falou com alguém suas ideias para fazer Brasília. O seu plano para a cidade não era um exercício teórico, mas uma proposta concreta, factível em três anos. Mesmo sem perceber, Lucio estava muito preparado para o projeto. O conhecimento adquirido durante a sua trajetória profissional permitiu isso.

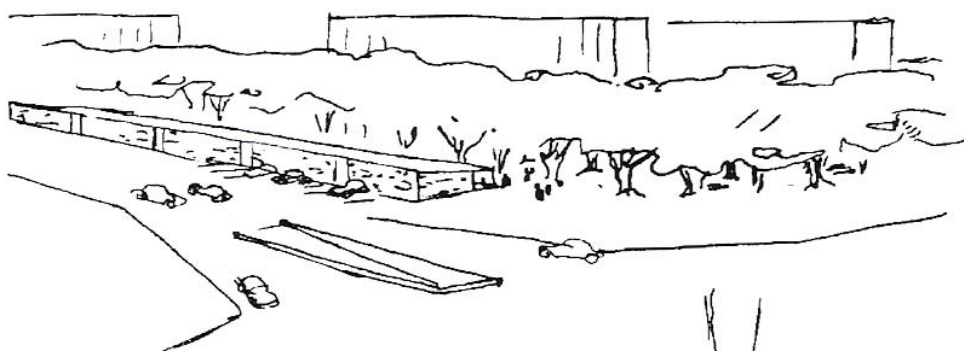


Figura 17 – Croqui de Lucio para as quadras de Brasília (Buchmann, 2002).

Quando terminou seu trabalho, Lucio convidou sua filha Maria Elisa¹⁶, então estudante de arquitetura, para ouvir sua proposta para a nova capital. Finalizou a explanação exausto e encharcado de suor, tinha desabafado de uma só vez todas as suas ideias sobre Brasília. Ao entregar seu plano, Lucio nem saiu do carro, assistiu de longe suas filhas Maria Elisa e Helena deixarem seu relatório na última hora do último dia de inscrição.

Corbusier tratava o urbanismo como a coisa fundamental e a arquitetura como algo complementar. E foi com ele que Lucio aprendeu a se apaixonar pelo urbanismo, percebendo a impossibilidade de separá-lo da arquitetura (Costa, 1995). Essa sua

¹⁶ Conforme entrevista concedida ao autor em maio de 2008.

preocupação ficava evidente no acompanhamento sistemático que fazia às obras de implantação da nova capital.

Como era de seu temperamento, buscando compreender e valorizar opiniões alheias, Lucio não participou diretamente do desenvolvimento do projeto executivo de Brasília, nessa etapa, participou apenas como consultor. Indicou, contudo, para esse fim, como chefe da Divisão de Urbanismo da Novacap, o engenheiro civil Augusto Guimarães Filho, pessoa de sua inteira confiança, que chefiou uma equipe formada por jovens arquitetos, dentre eles, Maria Elisa Costa, filha de Lucio. Guimarães conduziu os trabalhos com inteira autonomia, consultando-se, porém, rotineiramente com Lucio Costa, que recomendava sempre que se considerasse nas decisões a urgência dos prazos, optando por soluções simples e econômicas (Braga, 2010, p.227).

Em sua única visita à Brasília, em 1963, a convite do então Ministro da Educação e Cultura Darcy Ribeiro, Le Corbusier viu algumas de suas ideias realizadas, e disse: “Eles conseguiram uma coisa que eu nunca consegui. Mas contavam com uma coisa que eu nunca tive do meu lado: a autoridade”. Nessa mesma visita Corbusier afirmou que Brasília significava o princípio da morte das velhas capitais, e o que era bom nessa cidade é que ela tinha alma, foi pensada para todas as diversidades da vida. Justamente o que, na época, no Brasil, se entendia tão mal, que não tinha esquinas, não tinha vida e era uma cidade artificial (Wisnik, 2003, p.53).

Certa vez, ao visitar Brasília¹⁷, Lucio conversou com uma criança. Ela dizia que com os pais havia se mudado para uma casa no Lago Sul, mas sentia muita saudade de seu apartamento e do espaço de sua antiga quadra na Asa Sul. Lucio se sentiu realizado, sua proposta de convívio urbano tinha sido plenamente assimilada por esse pequeno morador de Brasília. A cidade adquiriu em pouco tempo de existência sua própria identidade.

Em 1985, em uma de suas últimas visitas à Brasília, Lucio resolveu visitar com sua filha¹⁸ um tradicional reduto político da época: o antigo bar Moinho, situado na esquina da quadra comercial da 114 sul. O local estava cheio e alguém o

¹⁷ Conforme entrevista concedida ao autor em maio de 2008.

¹⁸ Idem.

reconheceu, imediatamente uma onda de aplausos cresceu no bar. Lucio se levantou e também aplaudiu, estava inteiramente emocionado, celebrando a cidade que inventou junto com seus próprios habitantes.

Conforme descrito por Maria Elisa¹⁹, Lucio era uma pessoa discreta, modesta e fiel aos seus princípios, mas sempre se envaidecia ao pensar que tinha inventado a nova capital do Brasil.

Aos 96 anos, Lucio Costa preparou sua despedida. *“Não me internem. Lugar de morrer é em casa”*, ele escreveu em um bilhete. Desejo realizado. Na manhã de 13 de junho de 1998, por volta das 9h, Lucio faleceu aos 96 anos em sua residência no Leblon, na cidade do Rio de Janeiro. Sentou-se à mesa para o café, tomou três goles e se apagou de mansinho, conforme citado por Maria Elisa Costa, uma de suas filhas²⁰.

2.3 A Torre de TV de Lucio Costa

Apesar de explicitamente descrita nos itens 10 e 12 do Relatório do Plano Piloto de Brasília (Buchmann, 2002), a importância da Torre de Rádio e Televisão nunca foi discutida com relevância na obra de Lucio Costa.

A concepção básica da Torre aparece no relatório de Lucio Costa para o Plano Piloto de Brasília, tanto na forma de texto, como nos croquis apresentados. Lucio defendia que o croqui de um arquiteto deveria ter carga, ou seja, ser um desenho com intenção, não só para compreender ou significar algo, mas também para fazer ou construir alguma coisa (Xavier, 2007). Como escreveu Le Corbusier (2004), arquitetura é um ato de vontade consciente.

Na introdução do Relatório do Plano Piloto, Lucio (Buchmann, 2002) descreveu sua intenção de conferir ao conjunto projetado um caráter monumental: *“... não no sentido de ostentação, mas no sentido da expressão palpável, por assim dizer, consciente, daquilo que vale e significa”*. No item 10, onde Lucio citou pela primeira

¹⁹ Conforme entrevista concedida ao autor em maio de 2008

²⁰ Fonte disponível em: <<http://laboratoriobrasilia.blogspot.com/2007/09/brasilia-e-seu-idealizador-lucio-costa.html>>. Acesso em: 14/6/2008

vez a torre das estações rádio emissoras e de televisão, fica clara sua intenção de dar-lhe um caráter monumental, através de um tratamento plástico, integrando-a na composição geral da cidade.

Lucio via a cidade democrática como algo despojado de grandezas e monumentos ostensivos, mas não daqueles que decorrem naturalmente do traçado simples e funcional, concebidos com elevada intenção (Costa, 2001).

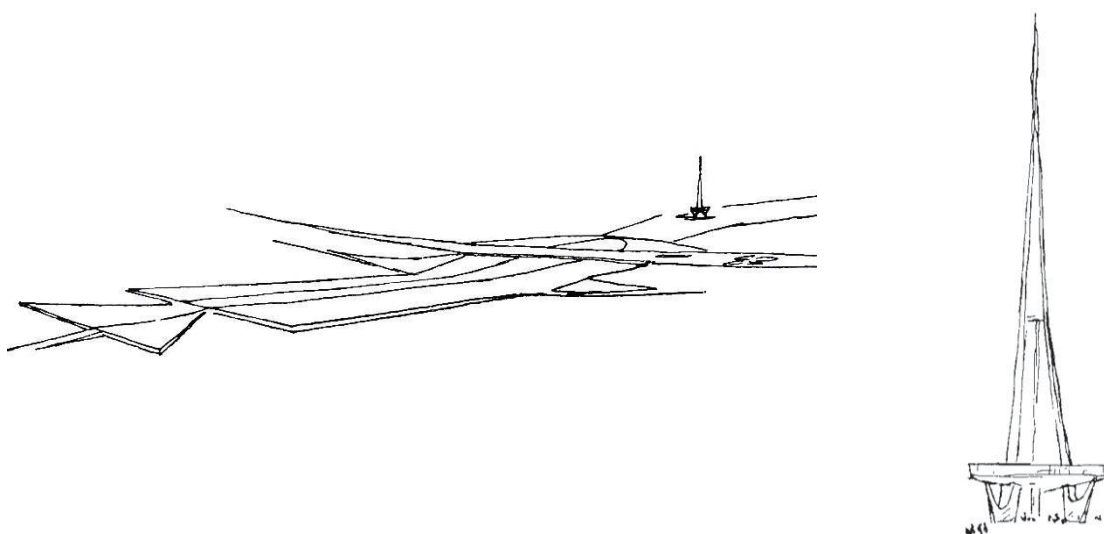


Figura 18 – Croquis de Lucio Costa para a Torre de TV (Buchmann, 2002)

No item 12, Lucio caracteriza bem a arquitetura da Torre: "*que se prevê de planta triangular com embasamento monumental de concreto aparente até o piso dos studios e mais instalações, e superestrutura metálica com mirante localizado a meia altura*" (Figura 18).

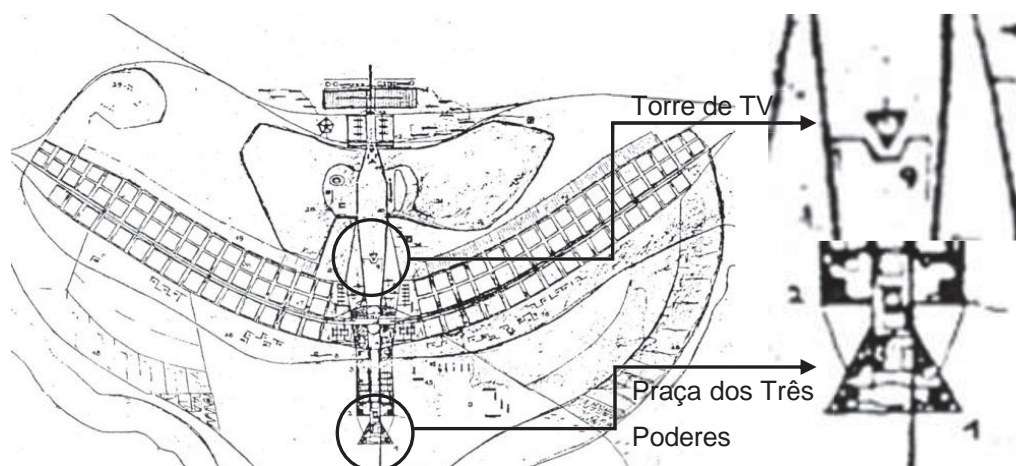


Figura 19 – Plano Piloto de Brasília proposto por Lucio Costa (Buchmann, 2002)

Percebe-se no desenho inicial de Lucio a intenção de posicionar o vértice do triângulo da Torre apontado diretamente para o vértice do triângulo da Praça dos Três Poderes. Durante o detalhamento executivo do projeto, porém, optou-se por colocar a Torre apontando para o oeste (Figura 19 e Figura 20).

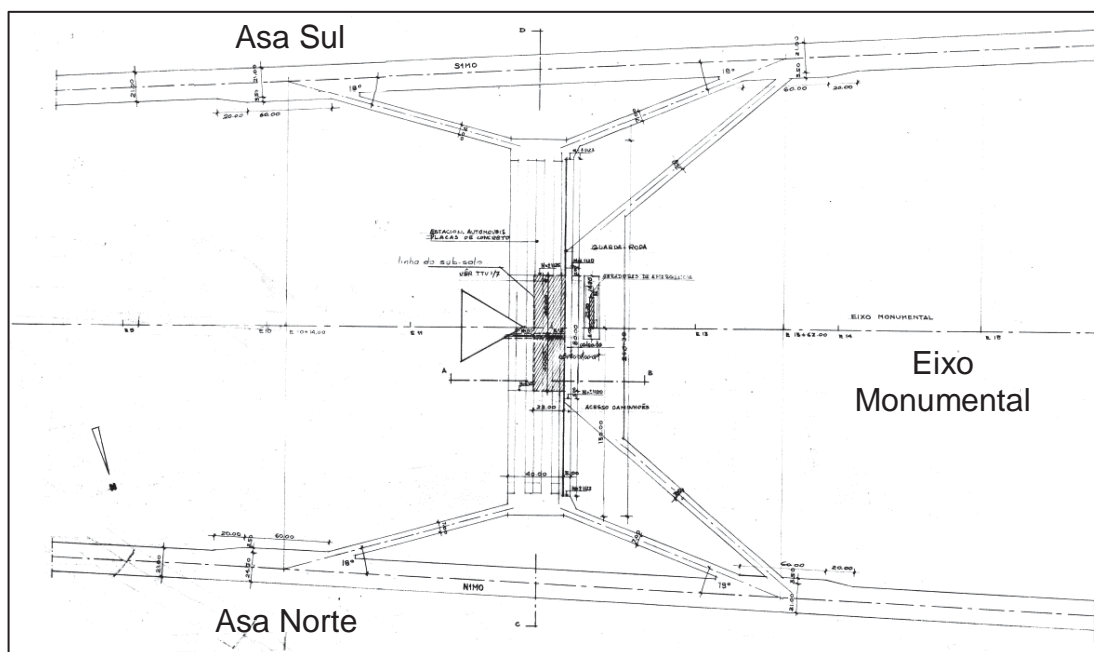


Figura 20 – Planta de situação do projeto da Torre de TV (Fonte: ArPDF)

O risco inicial da Torre de TV (Figura 18) apresentava a intenção plástica da obra, com o uso correto das potencialidades de cada material, o concreto armado e o aço, e a monumentalidade de sua forma, tanto pelo seu traçado simples, como no conjunto plenamente integrado na composição urbana de Brasília.

Para Fischer (2000), a Torre de Televisão é uma carinhosa referência que Lucio Costa fez à Torre Eiffel em Paris, além de ser um ponto focal da perspectiva do Eixo Monumental de Brasília. O próprio Lucio Costa quando descreveu os ingredientes da composição urbanística de Brasília, afirmou que conquanto criação original, nativa e brasileira, ela é de filiação intelectual francesa, pois mesmo que inconsciente, a lembrança amorosa de Paris esteve sempre presente (Costa, 2001).

A arquiteta e urbanista Maria Elisa Costa²¹, filha de Lucio, acredita que a presença vertical da torre naquele ponto, exatamente como Lucio Costa tinha pensado, era de

²¹ Conforme entrevista concedida ao autor em maio de 2008.

fundamental importância para a configuração do projeto urbano de Brasília. E foi com essa motivação que Lucio tratou de definir logo e assumir o projeto - caso contrário correria o risco de surgir um desenho plasticamente frágil, fora da escala por ele imaginada, ou mesmo de nem a construírem. Para Maria Elisa, a Praça dos Três Poderes e a Esplanada dos Ministérios por suas representatividades no governo federal estariam com as suas obras garantidas.

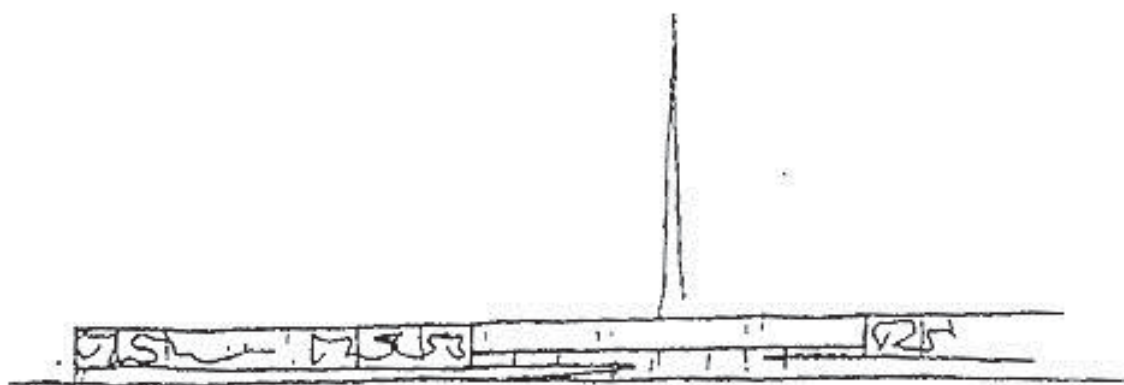


Figura 21 – Croqui de Lucio Costa para a Rodoviária de Brasília com a Torre de TV ao fundo (Buchmann, 2002).

Além da Torre de Rádio e Televisão, Lucio Costa desenvolveu em Brasília apenas outro projeto arquitetônico: a estação rodoviária no cruzamento dos eixos monumental e rodoviário, ambos em 1959 e construídos no eixo monumental da cidade. Para Bruand (2008), tais obras foram elementos fundamentais da concepção urbanística da cidade, tanto funcional, quanto esteticamente: *“a horizontal absoluta da Rodoviária sublinha a verticalidade da Torre, onde se misturam duas técnicas básicas da arquitetura do século XX – concreto armado e metal”*.

A Torre monumental seria o contraponto do Congresso Nacional (Figura 22), uma intervenção de peso e escala no desenho urbano proposto por Lucio. Maria Elisa

Costa²² cita a proposta da Cidade Universitária do Rio de Janeiro (Figura 23), por ele desenvolvida vinte anos antes do concurso para o Plano Piloto da nova capital, como uma importante influência no traçado de Brasília. Da mesma forma, seu desenho apresentava um sistema composto por um eixo principal e dois marcos verticais extremos.



Figura 22 – Proposta urbana de Lucio Costa com dois marcos verticais (Wesely, 2010)

Em 1984, Lucio Costa reiterou sua proposta urbana ao criticar com firmeza a construção dos prédios do Banco Central e do Banco do Brasil, dois espigões com cerca de 20 andares localizados no setor bancário sul de Brasília. Lucio achava que esses dois edifícios ofendiam a serenidade do ambiente e que a cidade deveria explodir no encontro dos eixos, monumental e rodoviário, com a Torre de TV e o Congresso Nacional em oposição aos prédios baixos das outras áreas (Nobre, 2010).

²² Conforme entrevista concedida ao autor em maio de 2008.

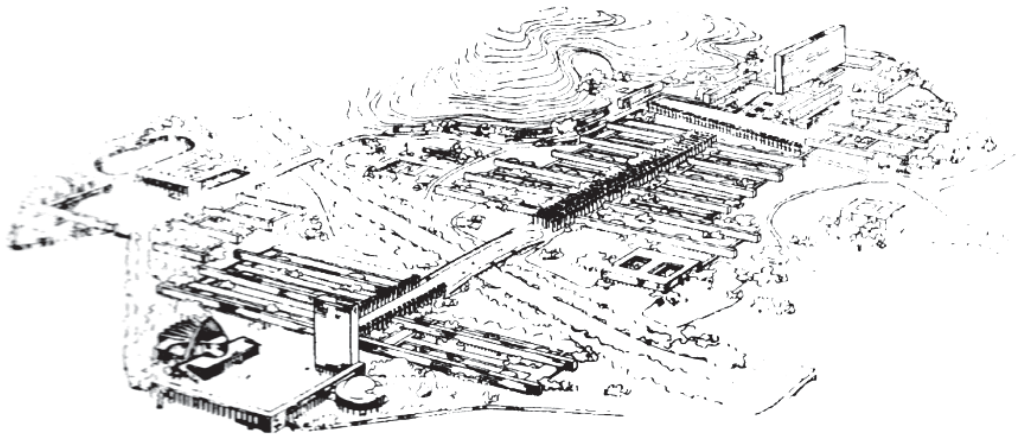


Figura 23 – Proposta de Lucio Costa para a Cidade Universitária do Rio de Janeiro (Costa, 1995).

A posição da Torre de TV no eixo monumental de Brasília tinha também o propósito de facilitar o entendimento da cidade. Lucio sempre teve a preocupação de que a nova capital fosse facilmente absorvida pela população. A Torre deveria ser ao mesmo tempo, um prédio simbólico e o elemento de fechamento do desenho urbano da nova capital. A rodoviária, no cruzamento do eixo rodoviário-residencial com eixo monumental, definiria a parte norte e sul da cidade. A referência leste seria dada pelo prédio do Congresso Nacional na Praça dos Três Poderes. A Torre de TV seria o ponto oeste da cidade (Figura 22).

- ① praça dos três poderes
- ⑤ centro de diversões sobre a rodoviária
- ⑨ torre emissora de rádio e tv

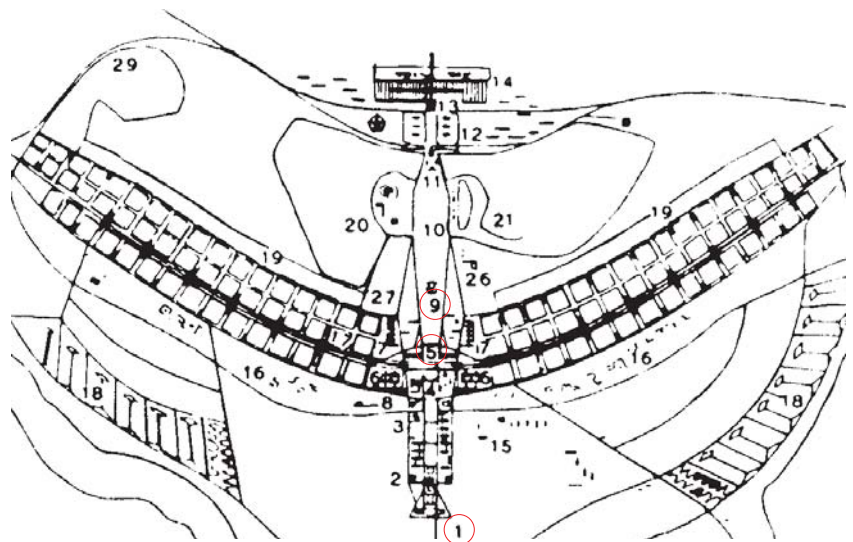


Figura 24 – Plano Piloto de Brasília (Buchmann, 2002).

A torre das estações rádio emissoras teria também outra função: representar o avanço tecnológico da sociedade brasileira, sendo utilizada como elemento de

suporte para a transmissão das ondas de telecomunicações. Ela representaria a modernidade de uma sociedade que respirava os ares promissores da futura capital.

Apesar de sua consciência histórica e de ser um fervoroso humanista, Lucio Costa sempre foi muito ligado às questões tecnológicas. Esse seu pensamento teve uma forte influência de sua família. Seu pai era engenheiro naval, além de inventor e brilhante desenhista (Figura 25), seus irmãos mais velhos se formaram em engenharia elétrica, segundo Lucio, naquela época, eletricidade estava na moda (Nobre, 2010).

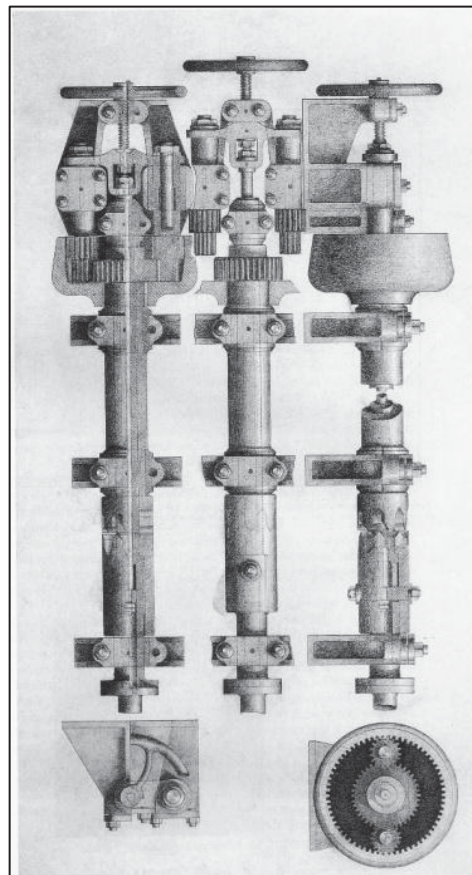


Figura 25 – Projeto e desenho do pai de Lucio Costa (Costa, 1995)

Lucio dizia que as construções deveriam representar a evolução da sociedade e acreditava que o desenvolvimento científico não se contrapõe à natureza, de que é, na verdade, sua face oculta, revelada através do intelecto do homem. Essa era a base da sua teoria das Resultantes Convergentes, apresentada durante o centenário do Massachusetts Institute of Technology, o MIT, em 1961 (Costa, 2001).

Segundo Lucio Costa, a convergência dos esforços contraditórios viria, periodicamente, restabelecer o equilíbrio, a abolição, ou fusão de antagonismos e dilemas. Citava dentro da própria arquitetura, o dualismo antigo entre o conceito plástico-ideal dos clássicos e a concepção orgânico-funcional dos góticos poderiam casar-se graças ao avanço da tecnologia da construção (Wisnik, 2003).

Em 1939, durante a construção do Pavilhão do Brasil na Feira Mundial de Nova York, em Flushing Meadows, no Queens, Lucio afirmou que o seu objetivo era fazer o melhor possível para o bom êxito da adequação arquitetônica às novas tecnologias do aço e do concreto (Costa, 1995).

Nesse período que passou em Nova York desenvolvendo o projeto, Lucio trabalhou com Niemeyer em uma sala no escritório de Harrison & Abramovitz no Rockefeller Center, profissionais responsáveis pelo desenho do Tylon e Perisphere, ícones esculturais do evento, com formas geométricas puras (Smith, 1993).

O Tylon conectado ao Perisphere eram as estruturas mais importantes do Tema Central da Feira Mundial de Nova York de 1939 (Figura 26), representando a modernidade do final dos anos de 1930. Grover Whalen, presidente e organizador da Feira, demonstra isso ao descrever essas edificações:

“Nós prometemos ao mundo algo novo na arquitetura da Feira e aqui está – algo radicalmente diferente e fundamentalmente tão antigo como a experiência do homem. Esses edifícios representam um olhar para o futuro, uma amostra do mundo melhor de amanhã (...). Nós sentimos que a simplicidade deve ser a chave do perfeito ordenamento da civilização mecanizada.” (Smith, 1993)

O Tylon era uma torre de base triangular com aproximadamente 213m (700 pés) e o Perisphere era um globo com 54m (180 pés) de diâmetro, ambos ligados por uma passarela com vão de 285m, posicionada a 20m do piso da Feira. Todos os elementos foram executados em estrutura metálica, apoiados em uma base de concreto armado e revestidos com placas brancas, com a intenção de criar superfícies que refletissem as luzes incidentes e transmitissem uma ideia de leveza.

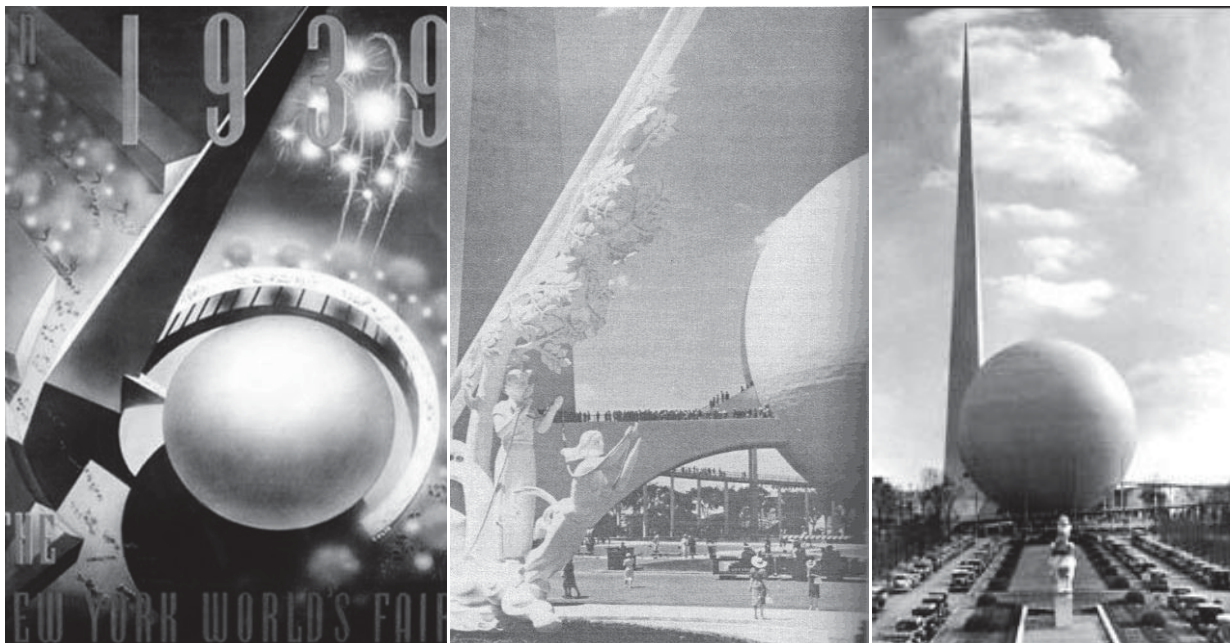


Figura 26 – O Trylon e o Perisphere, símbolos da Feira Mundial de Nova York, em 1939, projetados por Harrison & Abramovitz (Smith, 1993)

Conforme Cavalcanti (2006), otimismo e prospecção dos avanços tecnológicos dominavam as cenas da Feira em 1939: megalópoles, autoestradas com grandes viadutos, anéis rodoviários e veículos futuristas. As formas puras do Trylon e do Perisphere, compostas por sólidos regulares e geométricos, tornaram-se o símbolo e a logomarca da Feira.

Para Smith (1993), porém, essas duas estruturas eram essencialmente um poço de elevador e um auditório. Ao contrário da Torre Eiffel que expôs sua estrutura como prova de sua engenhosidade, a pureza estrutural das formas do Trylon e do Perisphere tinha por objetivo alcançar a função para a qual esses elementos foram projetados. A modernidade representada pela expressão estética das máquinas.

Quando riscou a Torre de TV de Brasília no relatório do Plano Piloto, Lucio Costa ainda não havia projetado algo parecido. Sua proposta inicial para a estrutura metálica seguiu o modelo geométrico do Trylon de Harrison & Abramovitz: uma pirâmide extrudada de base triangular com altura de aproximadamente 190m . Lucio, porém, preferiu não usar nenhum tipo de revestimento e deixar sua estrutura aparente como a torre projetada por Eiffel, utilizando, contudo, um desenho mais limpo com uma menor quantidade de barras.

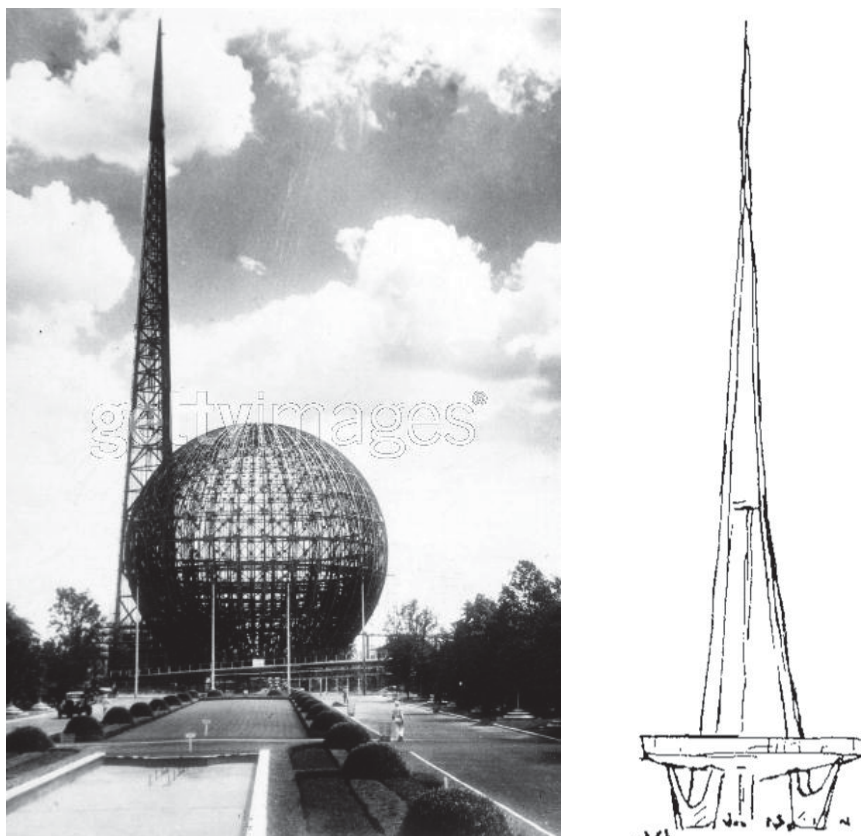


Figura 27 – O Trylon de Harrison & Abramovitz²³ e o croqui de Lucio para a Torre de TV de Brasília (ArPDF)

A estrutura de concreto armado da Torre seguiu exatamente o desenho proposto por Lucio Costa, principalmente pela característica plástica do material e pela facilidade do modelo estrutural proposto no seu risco inicial.

A parte metálica, porém, apesar de duas soluções propostas, apresentou diferenças quanto à concepção existente no Relatório do Plano Piloto de Brasília. A primeira opção, projetada em dois trechos, possuía o inconveniente de apresentar um enrijecimento externo no seu trecho inicial, prejudicando sua forma. A segunda, desenvolvida em três trechos, além da facilidade de montagem apresentada, mostrou-se mais eficiente para a instalação das antenas (Figura 28).

²³ Fonte Disponível em: <www.gettyimages.pt>. Acesso em: 24/8/2010

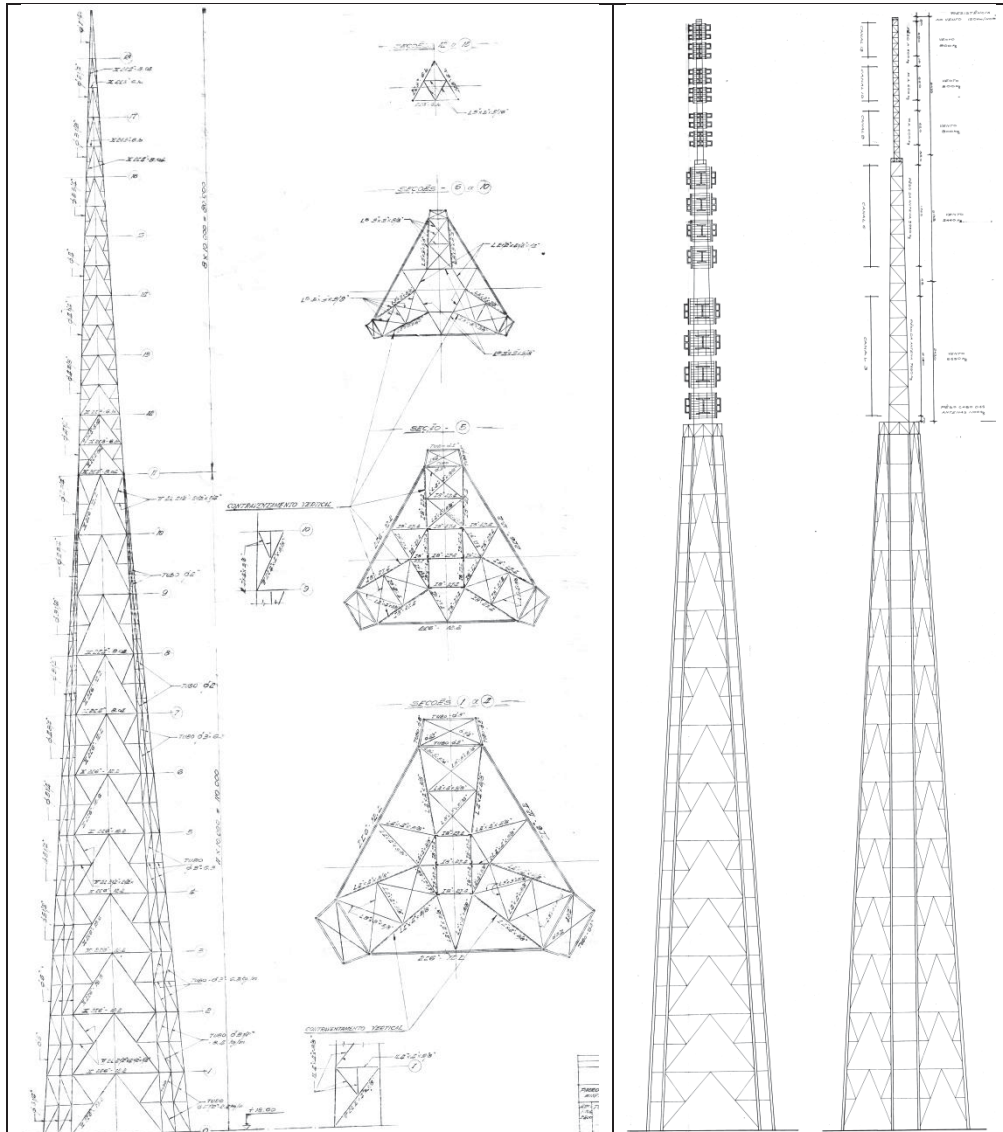


Figura 28 – Vista da primeira proposta da estrutura metálica da Torre (E) e o desenho final desenvolvido pelo engenheiro Paulo Fragoso (D) (Fonte: ArPDF)

2.4 Sobre Joaquim Maria Cardozo

Joaquim Maria Moreira Cardozo, poeta e calculista pernambucano, nasceu em 26 de agosto de 1897, no bairro recifense do Zumbi, filho de José Antônio Cardozo, guarda-livros, e Elvira Moreira Cardozo. Revela ainda muito jovem seu interesse por literatura, poesia e desenho, tornando-se em 1913, ainda aluno do Ginásio Pernambucano, editor do jornal “O Arrabalde”. No ano seguinte, trabalha como caricaturista do Diário de Pernambuco. Em 1915, inicia os estudos na Escola de Engenharia de Pernambuco.

Interrompe em 1918 o curso de engenharia para servir o exército até 1919. Entre 1920 e 1923 tem seu primeiro emprego formal como topógrafo da Comissão Geodésica de Pernambuco, realizando levantamentos, desenhos topográficos e demarcações de terras nos subúrbio de Recife, sob a direção do engenheiro Domingos Ferreira. Reinicia em 1927 o seu curso de engenharia, diplomando-se em Engenharia Civil em 1930. Depois de formado, tornou-se professor dessa mesma faculdade. Como catedrático dos cursos de engenharia e arquitetura ministrou as disciplinas de Cálculo Infinitesimal, Geometria Analítica, Materiais de Construção, Economia e Finanças e Teoria e Filosofia da Arquitetura (Santana, 1995).

A partir de 1935, como engenheiro do Estado, Cardozo iniciou sua colaboração com o arquiteto Luiz Carlos Nunes de Souza na Diretoria de Arquitetura e Construção (DAC) do Estado de Pernambuco. Formado na Escola de Belas Artes no Rio de Janeiro durante a gestão de Lucio Costa na diretoria da escola, Luiz Nunes empenhou-se em tornar corrente em Pernambuco as novas ideias da arquitetura moderna brasileira. A DAC, criada em 1934 pelo governador Lima Cavalcanti, tinha a tarefa de projetar, orçar, fiscalizar e construir edifícios destinados à finalidade pública ou social que tivessem alguma participação orçamentária do governo (Cardozo, p.171, 2009c).

Numa segunda fase, a DAC foi ampliada e reorganizada, recebendo o nome de Diretoria de Arquitetura e Urbanismo (DAU), contando inclusive com a participação do paisagista Roberto Burle Marx, quando teve a oportunidade de realizar dois jardins públicos: o da Praça de Casa Forte e o do Largo do Benfica (Cardozo, p.171, 2009). Também fazia parte dos objetivos da DAU centralizar as atividades relacionadas ao emprego das boas normas de construir, prejudicadas pelo empirismo e improvisação desordenada da época (Cardozo, 1965).

A DAU foi completamente extinta após o golpe de 1937 (Santana, 1995), mas foi durante esse período de três anos que Joaquim Cardozo desenvolveu-se como engenheiro, participando como calculista da maioria dos edifícios lá construídos. Essa experiência foi descrita na aula de abertura do curso de Belas Artes em Recife no ano de 1939:

(...) Neste ponto, poderei fazer algumas revelações bem valiosas, pois tive a oportunidade de colaborar com arquitetos que não somente mostraram nos seus projetos o mais perfeito conhecimento de adaptação dos materiais plásticos modernos ao caso brasileiro, como ainda chegaram a inculcir nos mesmos um caráter bem pernambucano. Poderei dizer, sem exagero, que eles chegaram a aliar instintivamente a consciência perfeita do meio físico ao espírito tradicional, conseguindo, ao mesmo tempo, os melhores efeitos plásticos do concreto armado. (...) Empregamos, assim, todos os elementos arquitetônicos modernos, de acordo com as disposições topológicas e métricas dos espaços habitáveis, usando uma técnica de concreto das melhores que se podiam empregar, dados os nossos recursos locais. (Cardozo, p.57, 2009)

No final de 1939, ao ser paraninfo de uma turma de engenharia, Joaquim Cardozo fez em seu discurso críticas à orientação do governo estadual em relação a obras públicas. Imediatamente foi atingido por medidas repressivas do chamado Estado Novo, que determinaram a sua demissão do cargo de professor e engenheiro do Estado (Santana, 1995).

Segundo Niemeyer (1978), esse relato, apesar de honesto e oportuno, motivou sua inesperada partida de Pernambuco para o Rio de Janeiro. Lá ele passou a trabalhar diretamente com Rodrigo de Mello Franco, no SPHAN - Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, fazendo amizade com Lucio Costa, Carlos Drummond de Andrade e o ligando-se, sobretudo com Oscar Niemeyer. Aproximou-se também do grupo de escritores pernambucanos residentes no Rio, em especial a João Cabral de Melo, Manoel Bandeira, Eustáquio Duarte e Evaldo Coutinho. Em seu escritório particular, no Rio de Janeiro, integrando a equipe do SPHAN, Cardozo, realizou estudos e elaborou projetos estruturais em várias cidades, tanto para obras novas como para restauração e recuperação de edifícios históricos.

Mas é a partir de 1941, trabalhando a convite de Oscar Niemeyer nas obras da Pampulha e depois nas de Brasília, que Joaquim Cardozo se firmou como um dos grandes engenheiros calculistas brasileiros. Não criava obstáculos às soluções que lhe eram apresentadas, ao contrário, detinha-se com entusiasmo, calculando os vãos e balanços enormes que apresentavam, afinando apoios e seções de vigas, consciente que a arquitetura deve, antes de tudo, ser bela e criadora (Niemeyer, 1978).

Cardozo descreve o conjunto da Pampulha como o início da manifestação da força de invenção do arquiteto Oscar Niemeyer, toda ela dirigida para o problema da

estrutura, no seu aspecto formal e nos seus princípios de equilíbrio. O uso frequente das linhas curvas no Cassino, na Igreja e na Casa do Baile (Figura 29) não aparece como uma textura decorativa, e sim numa intenção de leveza, de desligamento do solo e das condições materiais, uma sugestão de efeito dinâmico (Cardozo, 1965).



Figura 29 – O conjunto da Pampulha: o late Clube, a Capela de São Francisco de Assis e a Casa do Baile (Underwood, 1994).

Para ele, nesses projetos da Pampulha a ideia de forma purificada não repousa mais no espírito geométrico tradicional e sim num outro mais moderno de desafio e oposição às teorias estabelecidas, na qual as possibilidades de novas funções matemáticas criem no pensamento dedutivo um sentido de aventura, sugerindo uma ordem para a fantasia (Cardozo, 1965).

O trabalho de Joaquim Cardozo nunca se limitou ao cálculo já programado, não o sensibilizava a rotina das construções simples que fatalmente o levariam à monotonia. Interessava-se pela criação e descoberta, a pesquisa o atraía, por isso, dedicou-se ao estudo das estruturas dos projetos modernos e arrojados de Brasília (Costa, 1975).

Para Walter (1991), na década de cinquenta, somente Joaquim Cardozo possuía aquelas condições objetivas, determinadas por sua formação de engenheiro e aliada a elas, mais importante ainda, reunia aquela virtude subjetiva – ser Poeta – tão necessária à realização dos cálculos estruturais do Congresso Nacional e dos Palácios de Brasília. Cardozo precisou contornar dispositivos existentes em normas técnicas para alcançar soluções justas que mantiveram as formas projetadas por Oscar Niemeyer. A realidade dessas obras mostra a certeza e consciência do que Cardozo estava fazendo.

A leveza de suas estruturas tornou-se a marca inconfundível de sua sensibilidade de artista e em pouco tempo, como engenheiro e poeta, Joaquim Cardozo se impôs nos meios culturais do país. Poeta, teatrólogo, crítico literário e de arte, filólogo, conhecia as línguas vivas e mortas. Aprendeu chinês para ler no original os poetas chineses. Para Jorge Amado (1978), a beleza arquitetônica de Brasília repousa sobre a audácia e a poesia de Cardozo, que tanto se expressava no verso como no cálculo.

A relação entre seu trabalho de engenheiro e suas expressivas incursões no teatro e na prosa foi descrita pelo próprio Cardozo como uma reação para desfazer a monotonia de uma só dessas atividades. Sua obra literária consiste em dez títulos: quatro livros de versos e seis peças de teatro apoiadas no folclore brasileiro, todas impregnadas pela temática do ambiente nordestino. Os livros são: “Poemas” (com prefácio de Carlos Drummond de Andrade), “Signo Estrelado”, “Trivium” e “Mundos Paralelos”, reunidos depois nas “Poesias Completas” editadas pela Civilização Brasileira. Das seis peças, “O Coronel Macambira” foi a mais representada, mas foram também editadas “De uma noite de festa”, “O capataz de Salema”, “Antônio Conselheiro”, “Marechal boi-de-carro” e “Os Anjos e Demônios de Deus” (Costa, 1975).

O grupo formado por Joaquim Cardozo, Oscar Niemeyer, Rodrigo de Melo Franco, Carlos Leão, Hélio Uchoa e outros, funda em 1955 a revista Módulo, destinada à publicação de textos sobre arquitetura, urbanismo e artes. Nesse mesmo período, Cardozo colabora também com o “Paratodos”, um quinzenário de cultura dirigido pelos irmãos Jorge e James Amado (Costa, 1975).

No período de 1956 a 1964, correspondente ao período da construção de Brasília, Joaquim Cardozo passou a integrar a equipe de Niemeyer dirigindo a Seção de Cálculo Estrutural do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Novacap (Niemeyer, 1978). Dirigiu um grupo de cinco engenheiros e doze desenhistas, responsável pelos projetos estruturais de todos os edifícios monumentais da nova capital, dentre eles: o Palácio da Alvorada, o Palácio do Planalto, o Palácio do Itamaraty, o conjunto do Congresso Nacional, a Igreja Nossa Senhora de Fátima, a Catedral e o embasamento de concreto armado da Torre de Rádio e TV (Figura 30).

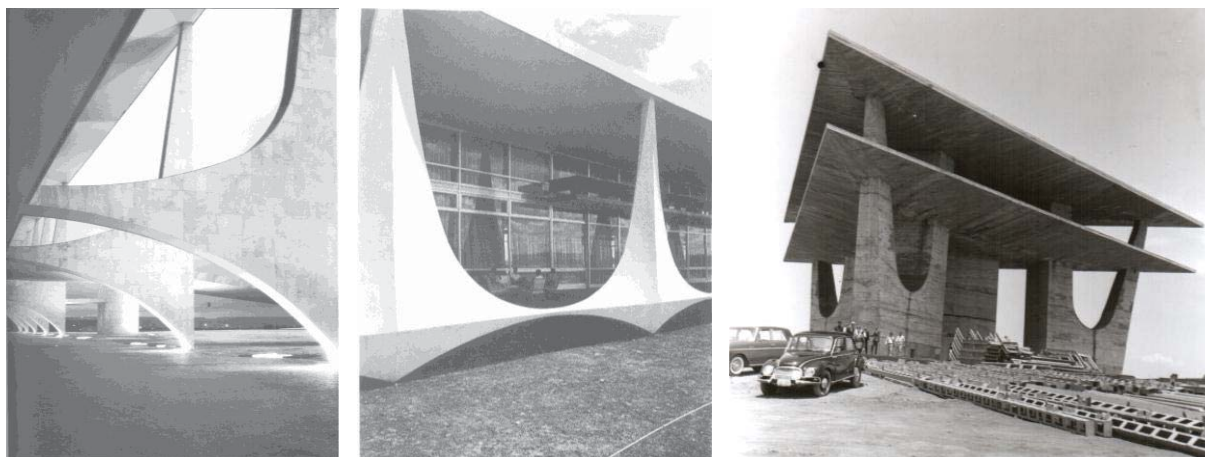


Figura 30 – Os edifícios monumentais de Brasília: o Palácio do Planalto, o Palácio da Alvorada (Underwood, 1994), a Torre de TV (ArPDF, N°:1543)

Segundo Santana (1995), Cardozo por várias vezes referiu-se às dificuldades enfrentadas para resolver as estruturas dos prédios de Brasília. A reduzida espessura das lajes de cobertura, a esbeltez dos perfis e as reduzidas seções dos apoios das colunas dos edifícios projetados por Niemeyer eram desafios diários. Ele pretendia realizar ensaios utilizando modelos reduzidos para as estruturas mais complexas, como a do Congresso Nacional (Figura 31) e iniciou entendimentos com o Laboratório de Engenharia Civil de Lisboa, não efetivados, porém, devido ao curto prazo destinado à execução das obras.



Figura 31 – O Congresso Nacional (Underwood, 1994; Clímaco, 2009).

Cardozo pesquisou durante meses os mais diferentes tipos de cascas, com o desafio de fazer parecer flutuar o enorme volume da cúpula da Câmara dos Deputados, que teria que se apoiar em um só ponto como se estivesse apenas tocando a laje. Niemeyer (apud Galindo, 2005) lembra como foi difícil para Cardozo

calcular a estrutura do Congresso Nacional e como ele ficou eufórico quando conseguiu encontrar a tangente que possibilitou a cúpula da Câmara parecer solta, como o arquiteto queria.

Problemas tão abstratos como a solução da cúpula do Congresso Nacional em Brasília, definida por um parabolóide de revolução cuja geratriz seria uma curva do 5º grau, com um contato de 2ª ordem ao longo de uma linha paralela à linha de contorno da esplanada, foram enfrentados por Cardozo e sua equipe em prazos mínimos e inexoráveis, pressionados muitas vezes pelo próprio presidente Juscelino e trabalhando com recursos que se limitavam às antigas régua de cálculo (Walter, 1991).

Joaquim Cardozo participou também de outros projetos estruturais marcantes, como o ginásio do Maracanãzinho e o Monumento aos Pracinhas no Rio de Janeiro. Contudo, Cardozo considerava a Catedral e o Palácio do Itamaraty em Brasília (Figura 32), as suas obras mais interessantes sob o ponto de vista estrutural (Costa, 1975). Mas apesar de sua intensa produção profissional e cultural, Joaquim Cardozo levou uma vida solitária e de poucos amigos. Não casou e nem teve filhos. Aposentou-se como servidor público em 1967, ao completar 70 anos. Permaneceu em atividade no seu escritório até 1972, realizando trabalhos de cálculo estrutural.

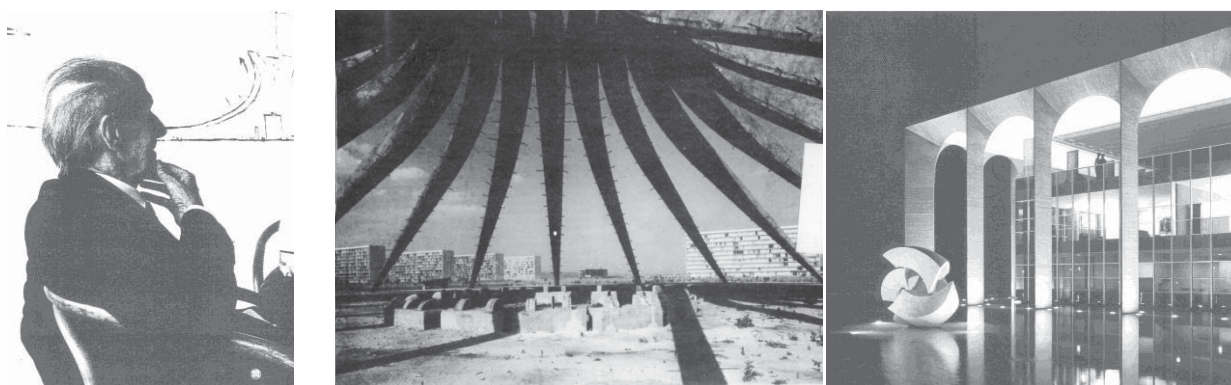


Figura 32 – Joaquim Cardozo e a Catedral de Brasília (Revista Módulo, Nº 52) e o Palácio do Itamaraty em Brasília (Underwood, 1994)

Trabalhou lúcido e tranquilo até o dia 4 de fevereiro de 1971, data em que ocorreu o trágico acidente do Pavilhão de Exposições em Belo Horizonte (Figura 33), conhecido como o caso da Gameleira. Uma enorme construção com 240m de comprimento e 30,5m de largura, destinada à exposição de produtos

industrializados, cujo desabamento provocou a morte de 68 funcionários e a mutilação de outros 50, esmagados sob seus escombros durante o intervalo de almoço.

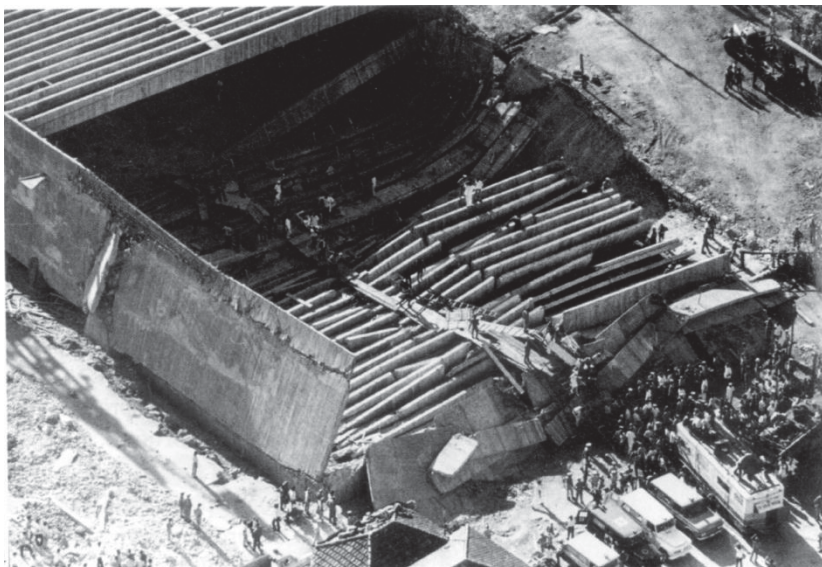


Figura 33 – O desabamento do Pavilhão da Gameleira (Téchne nº159, 2010)

O acidente provocou as mais discordantes opiniões no meio técnico. Obra do governo de Minas Gerais, projetada pelo arquiteto Oscar Niemeyer e calculada pelo escritório Joaquim Cardozo. A construção estava sendo executada pela empresa Sergen Engenharia Ltda, que trabalhava febrilmente, dia e noite, visando concluir a obra até o dia 15 de março de 1971, quando se encerraria o mandato do então governador Israel Pinheiro (Lucio, 2009).

Com a vida transtornada pelo acidente, Cardozo encerrou sua carreira de calculista. O responsável pelas estruturas dos Palácios de Brasília viu-se paralisado pela acusação de incapacidade profissional. Também não tinha mais condições psicológicas para o trabalho.

A tragédia abalou Joaquim Cardozo profunda e definitivamente. Logo depois do acidente o governo mineiro de Israel Pinheiro nomeou uma comissão formada pelos engenheiros José Carlos Figueiredo Ferraz, Victor F. B. de Melo e Joaquim Marcelo Klein Teixeira para apurar as causas do desabamento do Pavilhão de Exposição da Gameleira, que caracterizaram como uma estrutura ímpar, incomum do ponto de vista arquitetônico-estrutural.

No dia 2 de março de 1971, após exames em documentos e no local a obra, dentro de um regime de urgência com análise restrita aos aspectos técnicos mais salientes, os engenheiros pronunciaram suas conclusões. Eles afirmaram que a estrutura não apresentou a necessária rigidez transversal e, como consequência do insuficiente engastamento dos supostos travamentos, ela é facilmente levada a um comportamento hipostático, sendo assim, seu equilíbrio é instável, e, como tal, a ruína poderia ser o resultado de causas várias, como uma ruptura localizada nos apoios, um eventual desaprumo, um modesto recalque diferencial transversal, esforços horizontais provenientes do vento ou empuxos ocasionais, a não simultaneidade no processo de descimbramento de trechos simétricos, excentricidades das reações de apoio e causas outras (JORNAL ESTADO DE MINAS – 3/3/1971 – Caderno 1 – p. 11).

Uma comissão oficial do Instituto de Engenharia de São Paulo (CIESP) formada pelos engenheiros Augusto Carlos de Vasconcelos, Milton Vargas e Oscar Costa elaborou o texto “*Desabamento do Pavilhão da Gameleira*” focalizando aspectos estruturais da obra, com a finalidade de fornecer material técnico necessário para que os peritos julgassem o caso de maneira independente (Stojanovic, 2003).

O documento da CIESP revelou que as fundações da obra não foram as responsáveis pelo acidente, e constatou como principal causa a falta de aderência entre o concreto e as barras de aço dos topos dos pilares P4-5-9-10, apoios das vigas V103 e V203 que ruíram. Ambas as vigas eram isostáticas e possuíam 65m de vão, seguido de um balanço de 20m (Figura 34).

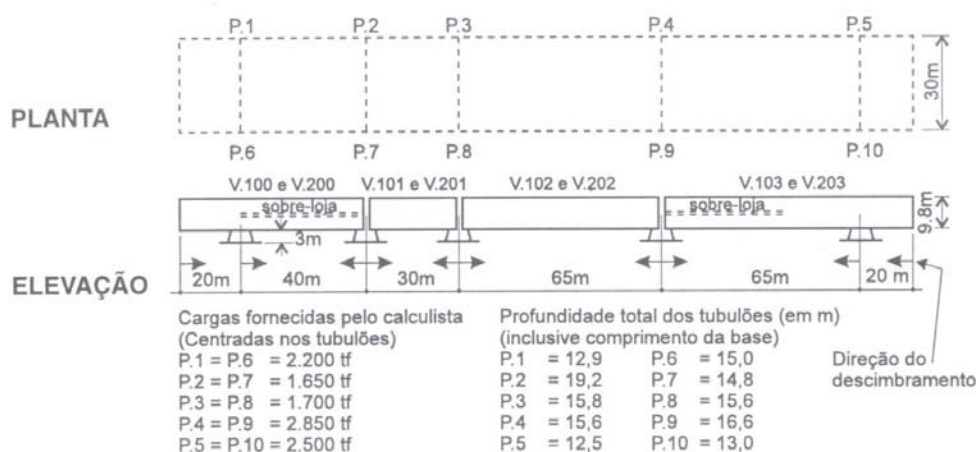


Figura 34 – Esquema Estrutural V103/V203 (Cunha, 1996).

Na ligação dessas vigas com os pilares havia uma elevada taxa de armadura, que após o desabamento, apresentavam-se praticamente limpas, sem a presença de concreto aderente, mostrando claramente que os dois materiais não trabalharam juntos, premissa fundamental no dimensionamento de estruturas de concreto armado.

O relatório da CIESP ressalta também a grande dificuldade na retirada das escoras centrais, pois se encontravam submetidas a enormes esforços de compressão. Os peritos, porém, observaram que o cimbramento foi retirado de ordem inversa: dos apoios para o centro, não se respeitando o modelo estrutural do projeto (Cunha, 1996).

Para Stojanovic (2003), este foi o quadro mais provável do acidente: por falta de ligação, os apoios das vigas V103 e V203 não funcionaram como suportes, e quando um desses pontos cedeu, as vigas por alguns instantes passaram a funcionar como elementos totalmente em balanço, provocando o desequilíbrio completo da estrutura e o seu desabamento.

A dificuldade técnica da concretagem dos apoios das vigas nos pilares somou-se à pressa na execução da obra, que por motivos políticos, tinha sua data de inauguração já marcada. Quanto aos cálculos da estrutura, nenhuma outra perícia, depois da primeira, contratada pelo governo estadual, nem mesmo o laudo da CIESP, contestou sua exatidão, ou mesmo, a concepção do modelo estrutural (Stojanovic, 2003).

Após estudar com isenção a sequência de eventos que resultaram no desabamento, Walter (1991) concluiu que alguns importantes fatos não foram mencionados pela Comissão, e cita-os:

- a) O outro pavilhão, idêntico àquele que desabara, executado segundo os mesmos detalhes estruturais, estava de pé sem demonstrar sintomas de alarme;
- b) Um mês antes do desabamento, o engenheiro responsável pelas fundações, ao visitar a obra, assustou-se com a velocidade e a forma com que a estrutura estava sendo desformada e desescorada, provocando um comportamento estranho da estrutura e por consequência das fundações.

Apesar disso, Joaquim Cardozo foi inicialmente condenado, em março de 1973, a dois anos e dez meses de prisão, seu advogado Evandro Lins e Silva, porém, encaminhou recurso de apelação. Cardozo foi posteriormente absolvido pelo tribunal da Alçada de Minas Gerais.

Niemeyer afirmou (apud Stojanovic, 2003) que a solução estrutural do Pavilhão da Gameleira era simples, e os grandes vãos previstos eram apenas por uma questão de dimensionamento adequado. E concluiu dizendo que durante sua vida profissional nunca lidou com um calculista mais consciencioso, hábil e capaz que Joaquim Cardozo.

Em 1974, Cardozo fecha seu escritório de cálculo na Rua México no Rio de Janeiro e retorna ao Recife para morar com seus familiares. Porém, em 1977, um ano antes de sua morte, Oscar Niemeyer recebeu um telefonema pedindo para buscá-lo em Recife. Sentindo-se abandonado e com a saúde abalada por uma irreversível depressão, Cardozo preferiu o convívio com seus antigos amigos e colegas no Rio de Janeiro, primeiro no Hotel Miramar, próximo ao escritório de Niemeyer, no qual passava os dias, depois na Casa de Saúde Dr. Eiras, onde todas as manhãs, como antes, Niemeyer mandava apanhá-lo (Niemeyer, 1978).

Com o tempo sua saúde agravou-se e os médicos aconselharam interná-lo na psiquiatria. Cardozo seguiu para o Recife em um táxi aéreo, vindo a falecer na clínica Nossa Senhora de Fátima, em Olinda, no dia 4 de novembro de 1978 com 81 anos de idade, segundo o amigo Oscar Niemeyer (1978): “*cansado da vida e dos homens*”.

2.5 Sobre Paulo Rodrigues Fragoso

O engenheiro civil Paulo Rodrigues Fragoso, filho de Alfredo Amando da Paz Fragoso e Maria Adelaide Rodrigues Fragoso, natural de Recife no Estado de Pernambuco, onde nasceu na Freguesia da Boa Vista, a Rua da Saudade nº 28 no dia 23 de Abril de 1904. Fragoso foi o pioneiro no Brasil no uso de estruturas metálicas para edificações e projetou em 1958, juntamente com Lucio Costa, o projeto da torre de rádio e televisão de Brasília.



Figura 35 – Paulo Rodrigues Fragoso em visita a um canteiro de obras e em uma reunião no Clube de Engenharia do Rio de Janeiro (canto inferior esquerdo – fonte: Marcello da Cunha Moraes, ele no fundo à direita de bigode)

Diplomado em 23 de Abril de 1925 pela Escola Polytécnica do Rio de Janeiro, posteriormente chamada de Escola Nacional de Engenharia, alterada em seguida para Escola de Engenharia da UFRJ e, hoje, voltando a ser a Escola Politécnica, agora da UFRJ, Fragoso foi aprovado no exame vestibular em 25 de Março de 1919, com apenas 15 anos de idade.

Apesar de sua formação racionalista, fruto de sua graduação politécnica, Fragoso enveredou para um estudo quase autodidático da incipiente construção de aço que se iniciava nas primeiras décadas do século XX no Brasil. Tal aprendizado era fundamentado no experimentalismo técnico existente nos canteiros de obra.

Ao ingressar no Escritório Técnico Emílio Baumgart de Cálculo e Projeto de Estrutura de Concreto Armado, o engenheiro Paulo Rodrigues Fragoso inicia suas atividades profissionais como projetista de estruturas de concreto armado. Para o engenheiro Augusto Vasconcelos, a escola criada no escritório de Baumgart foi mais produtiva para a formação de técnicos especializados em concreto armado do que a própria Escola de Engenharia do Rio de Janeiro e mesmo a de São Paulo (apud Telles, 1993).

No começo da década de 1930, Fragoso participa do projeto não construído da Cidade Universitária do Rio de Janeiro, que seria implantada na Quinta da Boa

Vista. A equipe composta por Affonso Reidy, Ângelo Bruhns, Firmino Saldanha, Jorge Moreira, José de Souza Reis, Oscar Niemeyer e Carlos Leão, renomados arquitetos da escola carioca, foi liderada por Lucio Costa e assessorada por Le Corbusier (Segawa, 1998).

Paulo Rodrigues Fragoso teve sua carteira profissional (Figura 36) expedida pelo Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura 5ª Região em 14 de Agosto de 1934 sob o nº 184-D, registro 497. Em 2009, ao completar 75 anos de existência, o CREA-RJ homenageou Fragoso em seus registros, citando-o como um artífice de novas tecnologias e um dos engenheiros responsáveis pela construção de uma identidade nacional, parte daqueles que ajudou a delinear o perfil de um Brasil moderno na primeira metade do século XX (Coelho, 2009).

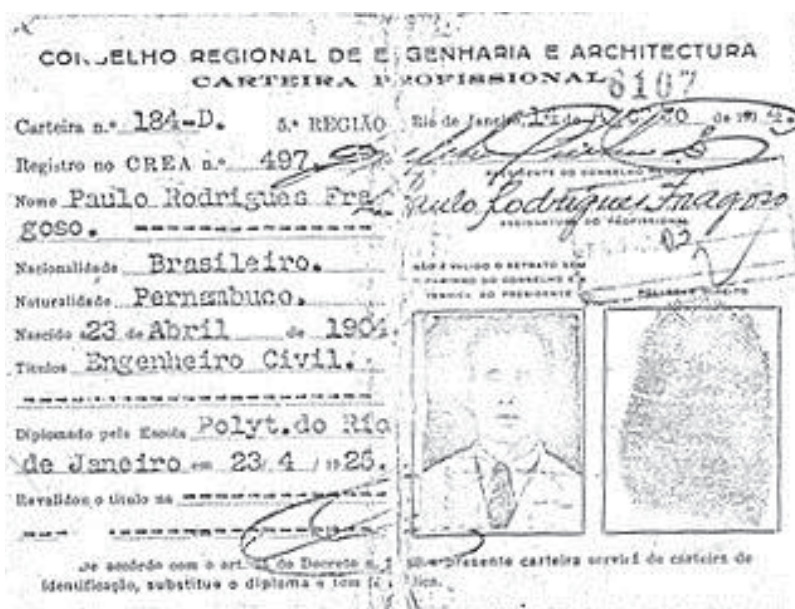


Figura 36 – Cópia da Carteira Profissional do engenheiro Paulo Rodrigues Fragoso (Fonte: CREA/RJ)

Em setembro de 1940, em uma sessão solene no edifício Palácio do Comércio, na cidade do Rio de Janeiro, foi fundada a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Nessa mesma reunião foi aprovada a primeira norma técnica brasileira de caráter nacional, a NB-1, Cálculo e Execução de Obras de Concreto Armado, desenvolvida pela Comissão de Concreto Armado, constituída por especialistas do assunto, dentre eles o engenheiro Paulo Rodrigues Fragoso (Telles, 1993).

No ano de 1941, após o decreto no qual foi instituída a Companhia Siderúrgica Nacional, foi decidido que a usina ficaria em Volta Redonda, Rio de Janeiro, em uma vasta área desapropriada pelo Governo. As obras de construção civil foram dirigidas pelo engenheiro Ary Torres e a estrutura de concreto armado ficou sob a responsabilidade de Paulo Fragoso (Telles, 1993).

Na década de 1950, Paulo Fragoso trabalhou como funcionário da CSN - Companhia Siderúrgica Nacional, tendo sido em 1956 Diretor-Presidente da FEM – Fábrica de Estruturas Metálicas da CSN (Figura 37).

ESTADOS UNIDOS DO BRASIL
DIÁRIO OFICIAL
SEÇÃO I

ANO XCV — N.º 109 CAPITAL FEDERAL SABADO, 12 DE MAIO DE 1956

**FABRICA NACIONAL DE ESTRU-
TURAS METÁLICAS "EDIMETAL"
S. A.**

ASSEMBLÉIA GERAL EXTRAORDINÁRIA
Primeira convocação

São convidados os Srs. Acionistas
a se reunirem em Assembleia Geral
Extraordinária, na sede social, à Rua
do Carmo n.º 8 — 7. andar, neste
Capital, às 15 horas do dia 11 de
maio próximo vindouro a fim de de-
liberarem sobre:

a) Proposta da Diretoria, relativo
ao aumento do capital social;
b) Alteração dos Estatutos Sociais;
c) Quaisquer outros assuntos que
os Senhores Acionistas julgarem oportuno deliberar.

Rio de Janeiro, 26 de abril de 1956
— Dr. Paulo Rodrigues Fragoso, Di-
retor-Presidente.
(N.º 14.629 — Dias: 26, 30 e 12-5-56)
— 27-4-56 — Cr\$ 183,60.

Figura 37 – Assembleia Geral Extraordinária da FEM convocada pelo então Diretor-Presidente Engenheiro Paulo Rodrigues Fragoso (Fonte: Diário Oficial de 12 de Maio de 1956)

Em 1954, buscando uma alternativa para o problema de estacionamento que começava a surgir na cidade de São Paulo, Fragoso foi contratado para projetar o primeiro prédio brasileiro de andares múltiplos em estruturas metálicas, o edifício Garagem América (Figura 38), com 1.110 toneladas de aço e um consumo de 67,0 kg/m². Situado no final da Avenida 23 de Maio, próximo à Praça da Bandeira, o prédio de dezesseis andares foi projetado pelo escritório do arquiteto Rino Levi. A estrutura foi fabricada pela recém criada Fábrica de Estruturas Metálicas (FEM) da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) e montada pela empresa União, sob a coordenação do engenheiro Paulo Alcides Andrade (ANDRADE, 1999).



Figura 38 – Edifício Garagem América (Andrade, 1999)

Também na década de 1950, antes da torre de rádio e televisão de Brasília, Paulo Fragoso projetou com Lucio Costa o edifício garagem da nova sede do Jockey Clube Brasileiro (Figura 39), localizado na Avenida Nilo Peçanha, na Esplanada do Castelo na cidade do Rio de Janeiro. O prédio, fabricado e montado pela FEM, compreende além do térreo, treze pavimentos tipo destinados a estacionamento, com capacidade para setecentos e cinquenta veículos, constituindo a primeira edificação do gênero na cidade (Dias, 1999).

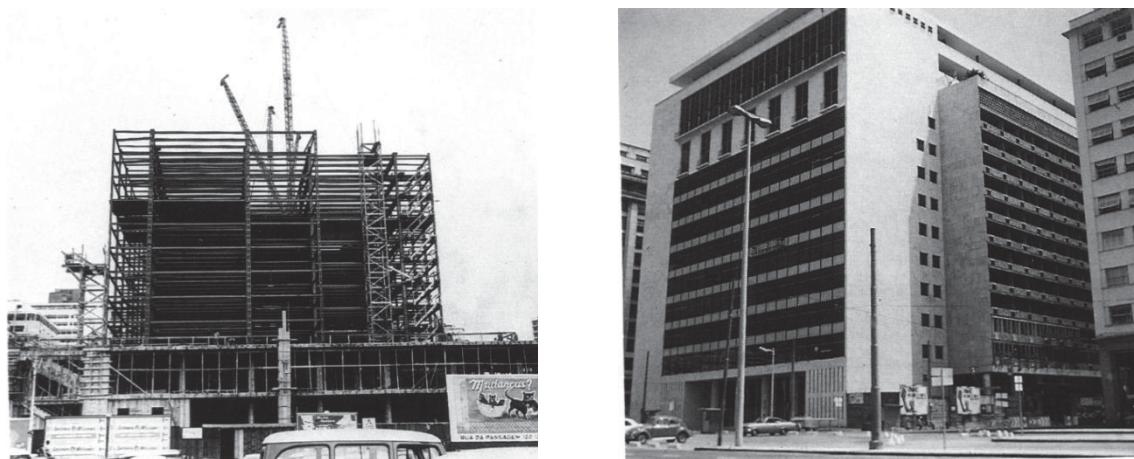


Figura 39 – Edifício Garagem do Jockey Clube: vistas da montagem e da obra concluída (Dias, 1999)

Sua relação profissional com as obras de Brasília começou em 1957, quando participou do concurso para o Plano Piloto da nova capital brasileira na equipe do arquiteto paulista Rino Levi, juntamente com Roberto Cerqueira César e Luis Roberto Carvalho Franco (Figura 40). Alcançaram o 3º lugar, empatados com o

projeto desenvolvido pelos arquitetos Marcelo e Maurício Roberto do escritório M.M.M. Roberto.

Para Gonsales (2002), o Plano Piloto de Brasília foi o grande manifesto da carreira de Levi, que estabeleceu a habitação como protagonista absoluta da cidade moderna, levando às últimas consequências as possibilidades da técnica. A euforia tecnológica foi demonstrada nas torres habitacionais de oitenta andares, os superblocos.

Projetados em aço para reduzir o peso próprio dos materiais, a estrutura dos superblocos foi estudada em detalhes pela equipe sob a orientação de Fragoso, considerando trezentos metros de altura, quatrocentos metros de largura e dezoito metros de profundidade (Figura 41). O modelo estrutural proposto foi formado por pórticos rígidos nas duas direções, compostos por pilares de seção composta e vigas treliçadas. Os diversos andares ficariam pendurados por uma malha de tirantes nessa estrutura (Braga, 2010).

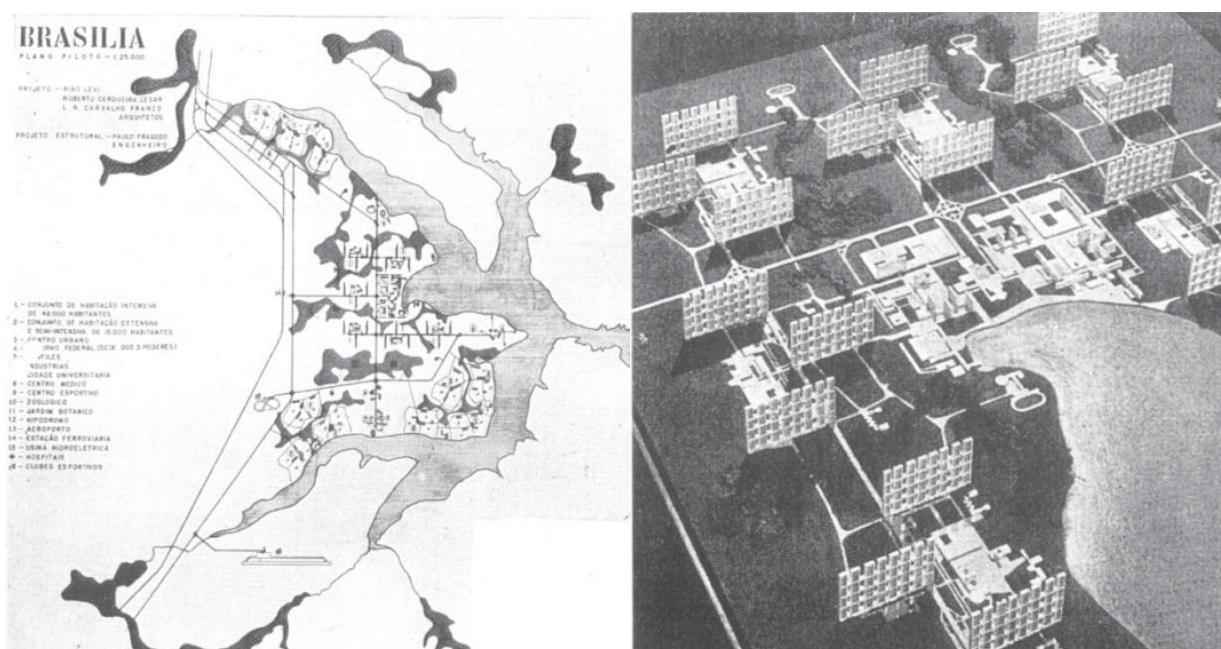


Figura 40 – Projeto de Rino Levi para a nova capital (Buchmann, 2002).

A presença de Paulo Rodrigues Fragoso na equipe de Rino Levi foi importante para dar credibilidade técnica à concepção estrutural do projeto, fundamentada na ideia do arquiteto de que a ciência estava disponível para ser aplicada na criação da cidade e deveria ser utilizada como um instrumento organizador da vida do homem moderno (Gonsales, 2002). A proposta, porém, apresentava a habitação do homem

tão essencialmente magnífica e vanguardista, que diminuiu, para a comissão julgadora, a importância do conjunto da sede do governo, tradicionalmente monumental.

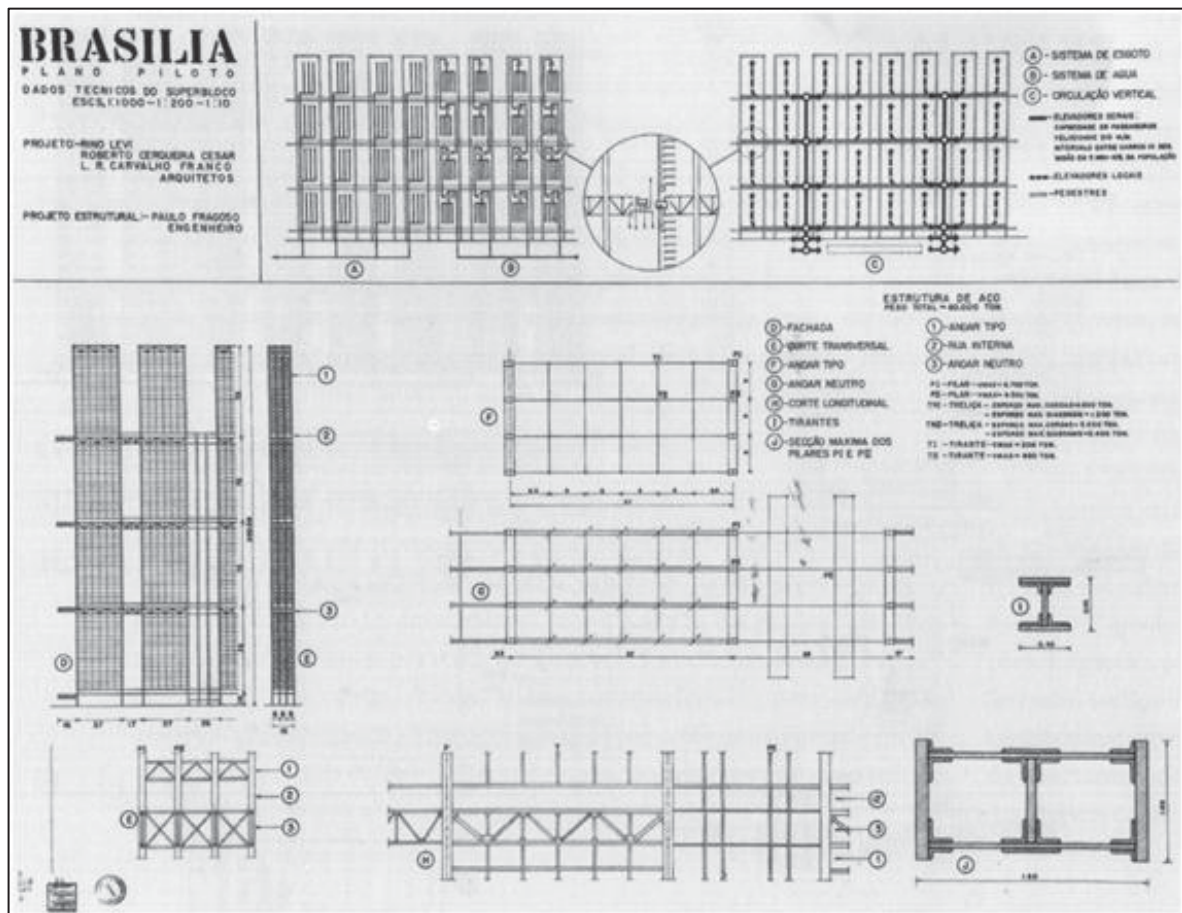


Figura 41 – Proposta de Fragoso para os superblocos de Brasília (Braga, 2010).

Antes mesmo do concurso para o Plano Piloto de Brasília, Fragoso participou em 1956 da equipe de projeto do Brasília Palace Hotel, projetado por Oscar Niemeyer, que devido ao curto prazo destinado à construção, optou pelo uso de estruturas metálicas. Inaugurado em 1958, localizado próximo ao Palácio da Alvorada, o Palace Hotel foi uma das primeiras obras da nova capital (Figura 42).

A estrutura com peso de 905 toneladas foi fabricada e montada pela Fábrica de Estruturas Metálicas – FEM da Companhia Siderúrgica Nacional, localizada em Volta Redonda/RJ, sendo transportada de trem até a cidade de Anápolis/GO e daí por rodovia para Brasília (Dias, 1999).

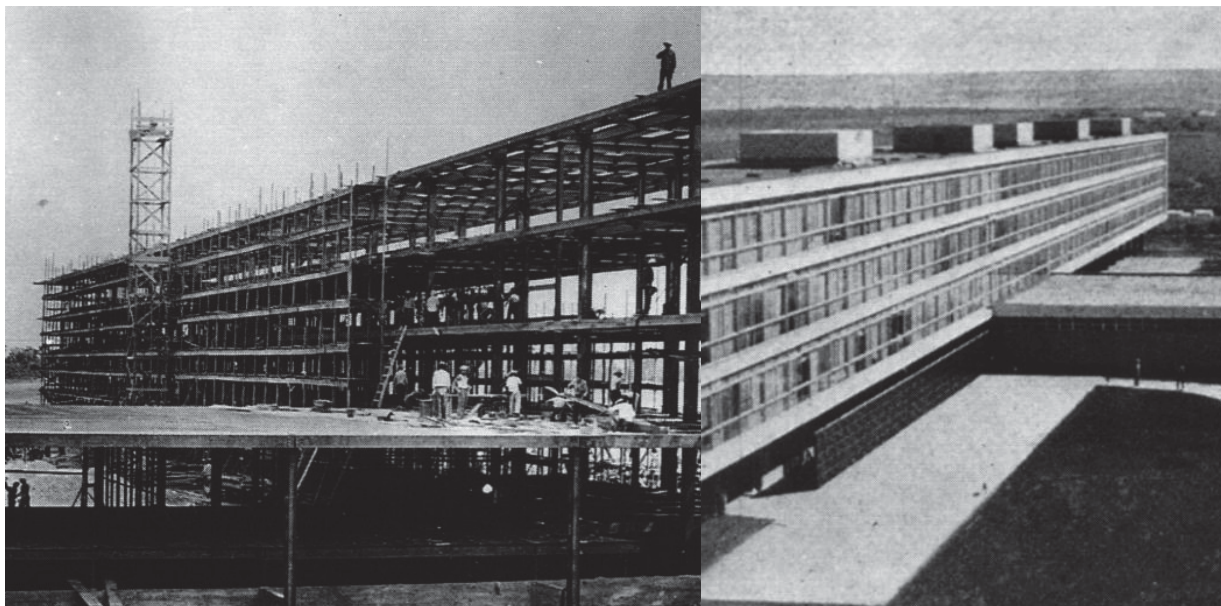


Figura 42 – Brasília Palace Hotel: a montagem e a obra concluída (Dias, 1999)

Em 1958, trabalhando na equipe do arquiteto Sérgio Wladimir Bernardes, Fragoso participa do projeto para construção do Pavilhão Brasileiro na Expo de Bruxelas (Figura 43). O elemento central na proposta de Bernardes foi a rampa de acesso que começava na entrada, ponto mais alto do terreno, descendo num passeio de uma volta e meio ao redor do jardim interno.

Segundo Meurs (2000), para se fazer sentir o pavilhão como um espaço só, a cobertura não tinha nenhum suporte no interior e a rampa foi disposta sobre pilares de aço muito delgados. O detalhamento da cobertura e da estrutura do pavilhão como um todo requisitou bastante da criatividade dos engenheiros, daí a importância da participação de Fragoso. Foram colocadas treliças metálicas entre as torres, para sustentar uma rede de cabos e vigas. A cobertura foi composta de três camadas: painéis de plástico, uma camada de 3,0cm de concreto e uma camada impermeável. Bernardes usou toda sua capacidade técnica para alcançar os objetivos do projeto: um espaço transparente com grandes vãos, uma sensação de leveza aliada a baixos custos de construção (Meurs, 2000).

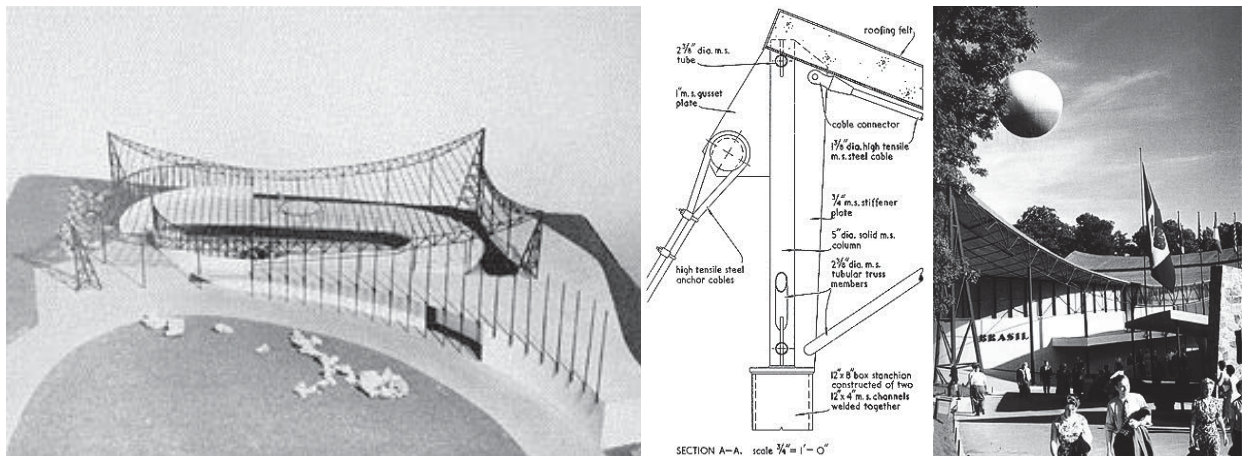


Figura 43 – Pavilhão Brasileiro na Expo de Bruxelas (Meurs, 2000)

Da mesma época, também na equipe de Sérgio Bernardes, Fragoso desenvolve o projeto para a Feira Internacional de Indústria e Comércio de São Cristóvão (Figura 44), considerada após sua inauguração, em 1960, a maior cobertura pênsil do mundo, com apoios localizados unicamente no seu perímetro. Localizada no bairro de São Cristóvão, na cidade do Rio de Janeiro, a obra consiste em um espaço elíptico com área de aproximadamente 32.000m², tendo 250m no seu eixo maior e 165m no eixo menor, onde hoje funciona o Centro Luiz Gonzaga de Tradições Nordestinas.

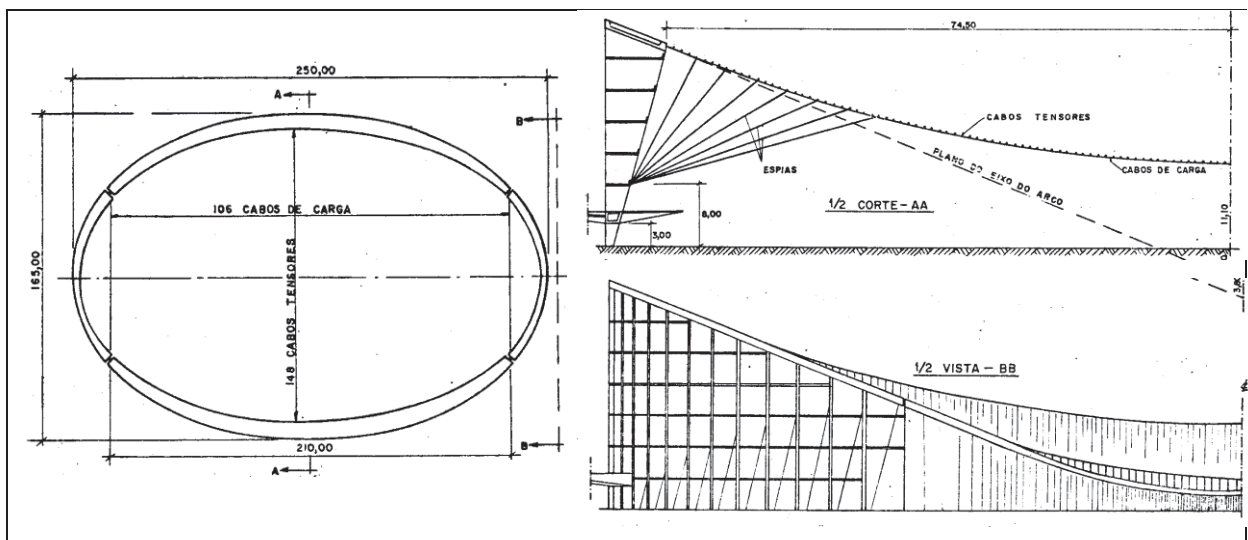


Figura 44 – Pavilhão de São Cristóvão (Netto, 1975)

A solução foi uma cobertura com dupla curvatura reversa, protendida por uma rede de cabos com diâmetros variando de 3/8" a 1", suspensa em dois arcos parabólicos

simétricos de concreto armado situados no contorno do prédio, articulados em dois encontros também de concreto armado (Figura 45).

Cento e seis cabos de carga foram posicionados ao longo do eixo maior, e cento e quarenta e seis cabos tensores foram colocados paralelamente ao eixo menor (Figura 44). Nas regiões de fraca curvatura foram colocados estais ou espias, ligando os cabos aos apoios dos arcos, a fim de neutralizar os efeitos de sucção (Netto, 1975).

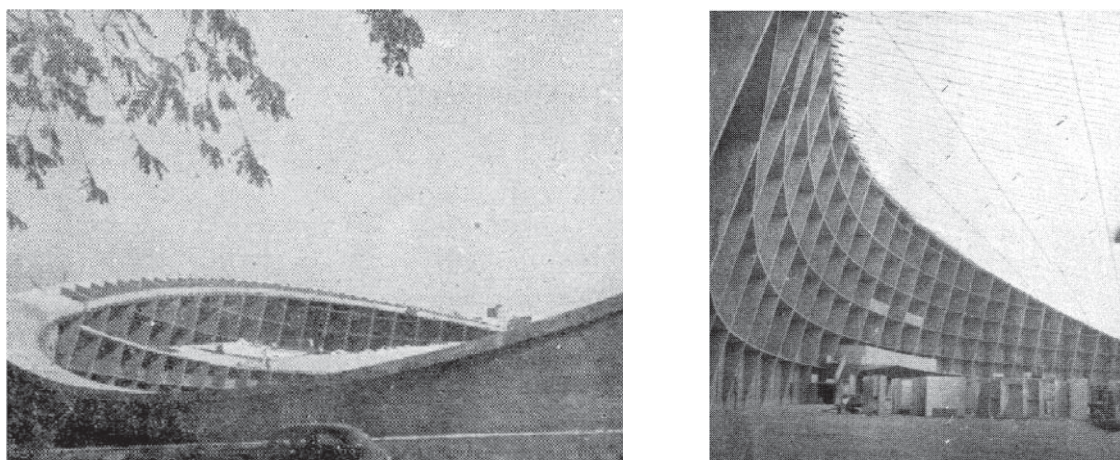


Figura 45 – Estrutura do Pavilhão de São Cristóvão (Aguirar, 2002)

Segundo Aguiar (2002), o projeto original previa a colocação de chapas de plástico poliéster reforçadas com lã de vidro na cobertura, que deveriam ser refrigeradas pela água recalcada dos lagos. Mas por falta de estudos adequados dos materiais de vedação, as chapas plásticas ficaram inutilizadas, o que resultou na troca delas por peças de alumínio.

Segundo Fragoso (1963), o problema com as chapas de poliéster, utilizadas com sucesso em outras obras no exterior, ocorreu principalmente devido a falta de estudos sobre as juntas utilizadas. As juntas rígidas, primeiramente escolhidas, fissionavam com facilidade e a substituição por juntas mais elásticas também não funcionou convenientemente. Além disso, o material das chapas de cobertura adquiridas, cujas características mudavam completamente quando expostas às intempéries naturais, não resistia ao efeito abrasivo das águas da chuva, contribuindo para o fracasso de sua utilização.

Entre as décadas de 1950 e 1960, o engenheiro Paulo Rodrigues Fragoso participou diretamente das mais importantes obras no Brasil com uso de estruturas metálicas, buscando sempre soluções inovadoras como a utilização de vigas mistas de aço e concreto. Dentre as principais obras:

- a) o edifício Avenida Central (Figura 46) no centro da cidade do Rio de Janeiro, situado no mesmo local do antigo edifício do Hotel Avenida na Avenida Rio Branco junto ao Largo da Carioca. O prédio, com 34 andares, 110 m de altura e 5.620 toneladas de aço estrutural, foi inaugurado em 22 de maio de 1961, tendo sido o primeiro edifício da cidade construído com o uso de estruturas metálicas (Revista Módulo, nº 17, 1960).

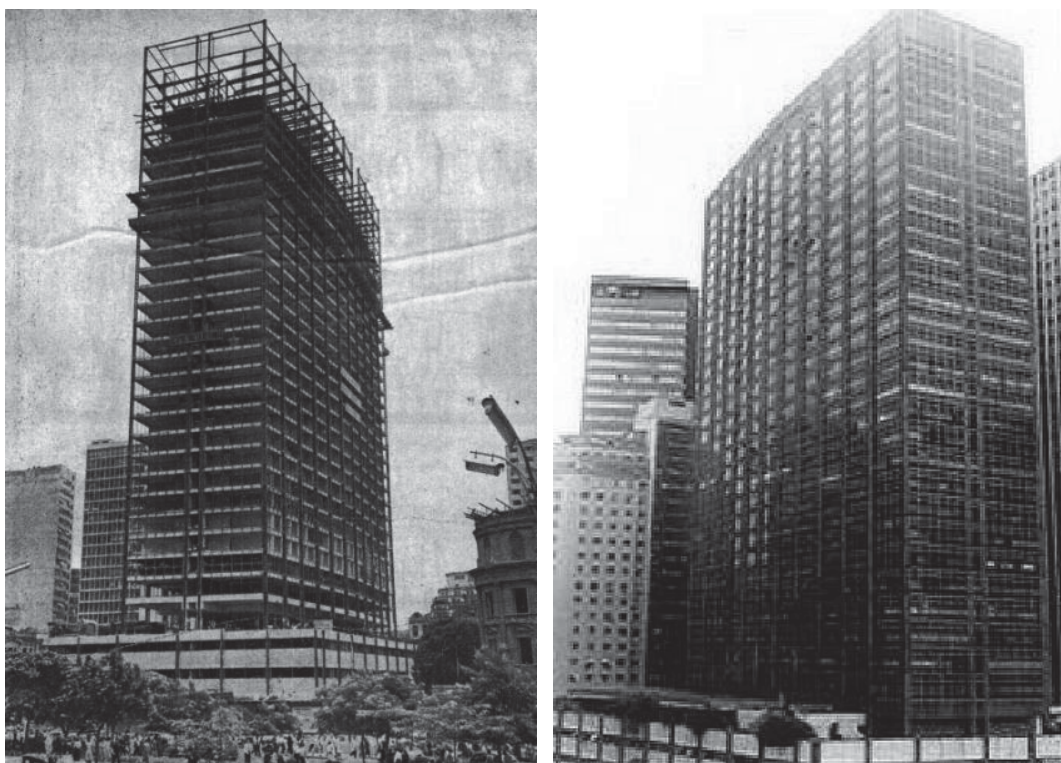


Figura 46 – Edifício Avenida Central durante a montagem da estrutura metálica em 1960 e na sua inauguração em 1961 (Fontes: Revista Módulo, nº 17, 1960)

- b) o edifício Santa Cruz em Porto Alegre/RS (Figura 47), projetado pelo arquiteto Jayme Luna dos Santos, o primeiro prédio residencial em estruturas metálicas construído no Rio Grande do Sul, com 50 mil m² de área distribuída em 34 pavimentos e 107 m de altura, até hoje o mais alto da cidade .

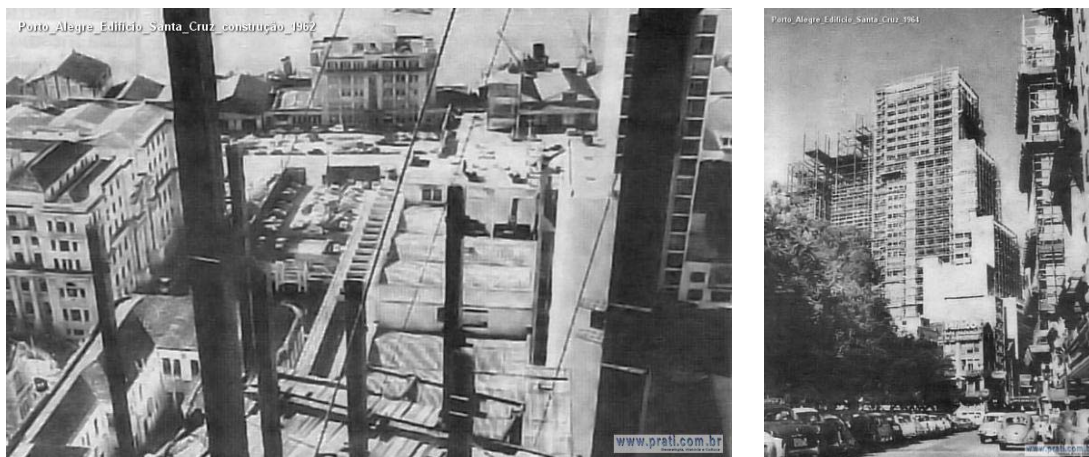


Figura 47 – Edifício Santa Cruz durante a montagem da estrutura metálica em 1962 e no término de sua obra em 1964²⁴

Em 1972, novamente trabalhando com o arquiteto Sérgio Bernardes, Paulo Fragoso participou de outra obra no eixo monumental de Brasília: o Centro de Convenções (Figura 48). O detalhamento estrutural previa uma fileira de cabos estendendo-se entre os dois pórticos de concreto armado e continuando sobre uma praça na frente da edificação. Nos esboços do projeto fica claro que essa praça deveria ser coberta, como no Pavilhão da Expo de Bruxelas de 1958, porém, tal cobertura não foi executada, ficando um conjunto de cabos ao ar livre.

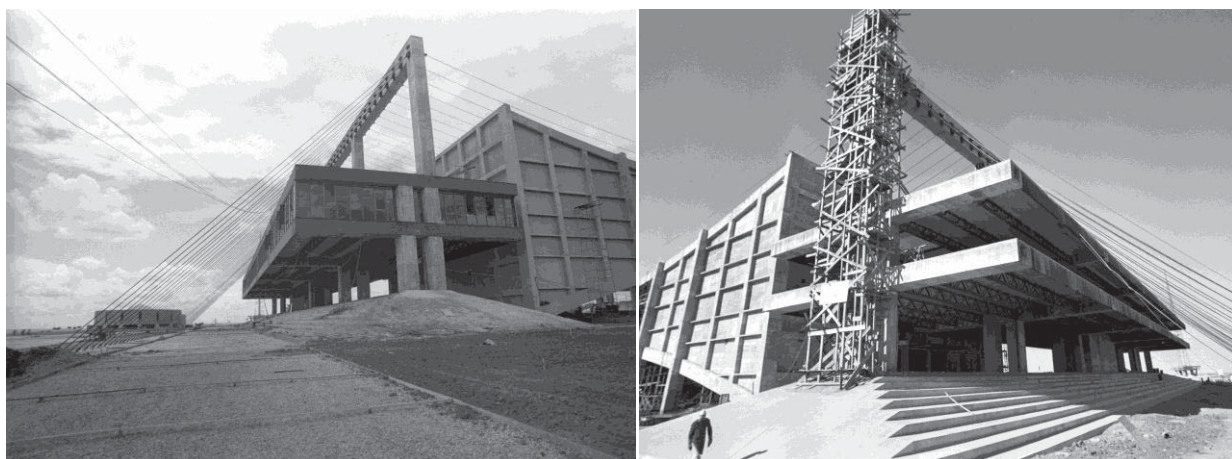


Figura 48 – O Centro de Convenções de Brasília (Fonte: ArPDF, Nº 020906 e 25464, Conteúdo: Obras do Centro de Convenções e Nº 104924 Conteúdo: Vistas de Brasília e Monumentos).

²⁴ Fonte Disponível em: < <http://fotosantigas.prati.com.br/FotosAntigas/busca.asp?results=results>>. Acesso em 13/8/2010.

Em 17/8/1983, a Divisão de Estruturas da Diretoria Técnica do Clube de Engenharia do Rio de Janeiro prestou homenagem ao engenheiro Paulo Rodrigues Fragoso. Na ocasião, a Associação brasileira de Pontes e Estruturas – ABPE, através de seu presidente, Sérgio Marques de Souza, entregou ao homenageado o título de Sócio Benemérito da ABPE (Figura 49). Fragoso agradeceu dizendo que acostumado a trabalhar sempre em silêncio e sem preocupação de honras e títulos, sentiu-se surpreendido pelo gesto de carinho e amizade dos colegas e amigos. Com humildade, transferiu as homenagens a Emílio Baumgart, o patrono da Engenharia Estrutural Brasileira.²⁵



Figura 49 – O presidente da ABPE, Sérgio Marques de Souza (D) entrega a homenagem para Paulo Rodrigues Fragoso (E) (Fonte: Boletim Informativo do Clube de Engenharia – Ano XI – Nº182 – Outubro de 1983)

Ildony Hélio Bellei, engenheiro especialista em estruturas metálicas, funcionário da FEM – Projetos, Construções e Montagem, subsidiária da CSN – Companhia Siderúrgica Nacional, entre os anos de 1960 e 1995, relata a grata satisfação que foi conhecer Paulo Rodrigues Fragoso em 1969. Bellei, então recém-formado, trabalhou em algumas obras com Fragoso que na época já possuía mais de 40 anos de experiência. Apesar do pouco tempo de contato, Bellei percebeu com Fragoso que Engenharia é feita com abnegação, humildade e que ninguém é dono dela²⁶.

²⁵ Fonte: Boletim Informativo do Clube de Engenharia – Ano XI – Nº182 – Outubro de 1983.

²⁶ Depoimento fornecido ao autor em 21/12/2009.

O engenheiro civil Paulo Rodrigues Fragoso, viúvo de Maria Soares Fragoso, faleceu na cidade do Rio de Janeiro no dia 24 de julho de 1991, aos 87 anos com sequelas de um AVC e um tumor na próstata, vítima de insuficiência respiratória e broncopneumonia por bronco-aspirações, conforme atestado pela certidão de óbito nº 24071, folha 458 do livro nº C-202 da 4ª Circunscrição, 2ª Zona da freguesia da Glória, obtida na Santa Casa da Misericórdia do Rio de Janeiro. Sepultado no cemitério São João Batista, na cidade do Rio de Janeiro, Fragoso não teve filhos, deixou bens e não fez testamento, como observado na sua Certidão de Óbito.

2.6 A arquitetura da Torre

A arquitetura da Torre se caracteriza por um volume de concreto aparente com 25,0m de altura e planta triangular com lado de 50,0m de comprimento, sustentado por três pilares que nascem com uma seção trapezoidal e se abrem plasticamente na forma de V para criar dois pontos de apoio. As partes internas dos pilares servem de ligação e suporte para a torre metálica, composta por uma pirâmide de base hexagonal variável e altura de 192,0m, completando os 217,0m totais do projeto original. Um mirante para visitação pública foi instalado a 75,0m de altura. Em um prédio anexo, ligado ao subsolo da Torre, foram localizados os estúdios de rádio e televisão (Figura 50).

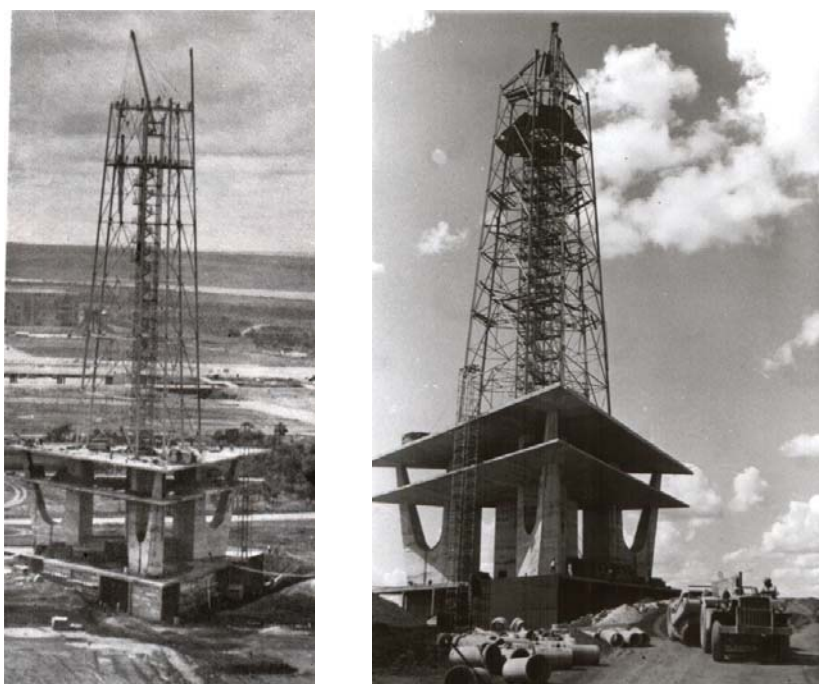


Figura 50 – Detalhes da estrutura da Torre (Fonte: DEPHA, Revista Brasília - 21/4/1965)

O trecho metálico da estrutura da Torre de TV foi dividido em três trechos distintos (Figura 51), o primeiro com 122m, o segundo com 45,65m e o terceiro finaliza a altura do projeto inicial da Torre com 24,35m, totalizando os 217m.

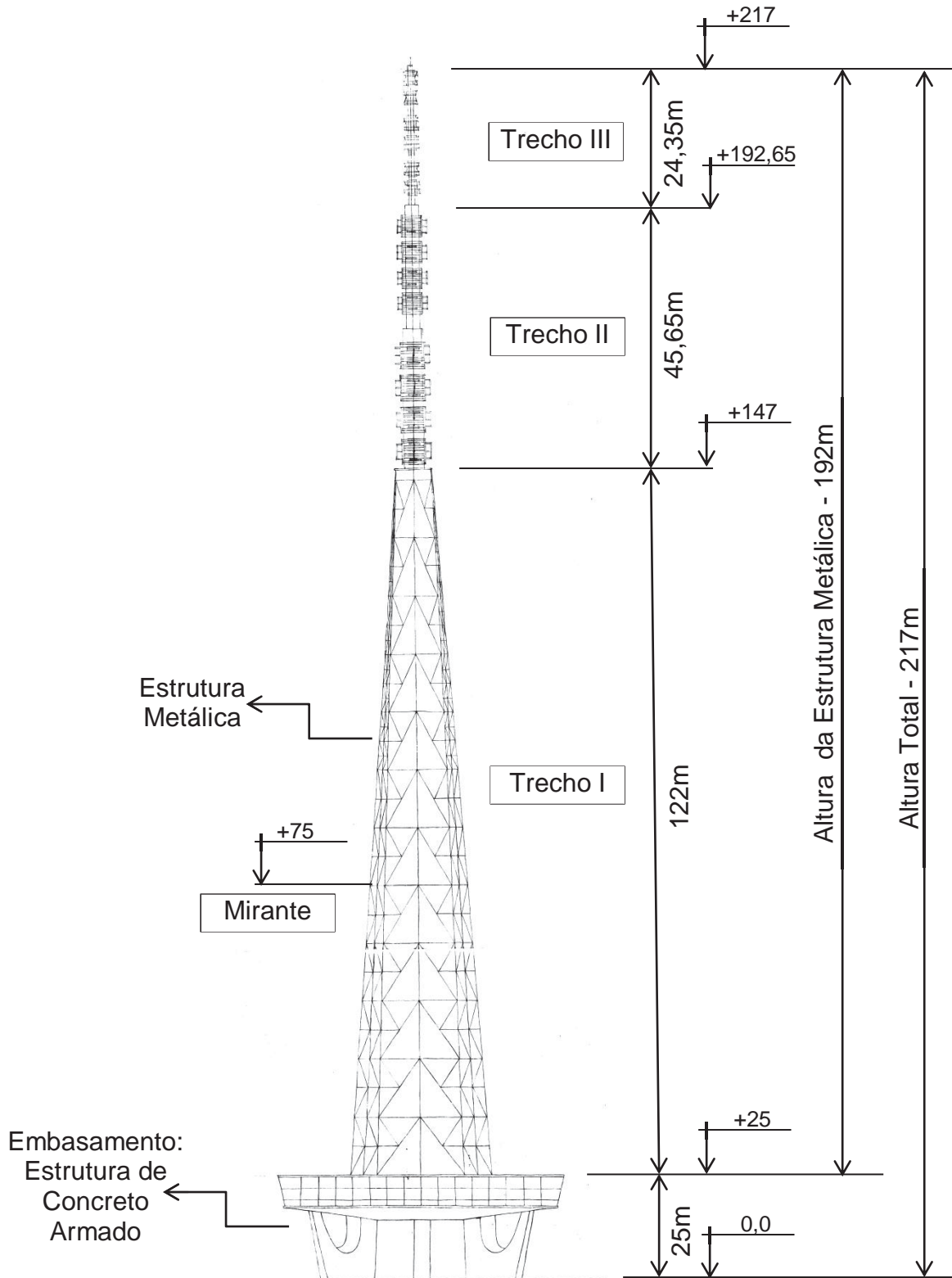


Figura 51 – Vista Forma Final da Torre de TV (Fonte: ArPDF)

Sua implantação foi feita dentro de um terreno hexagonal com lado variável, através do alinhamento de seu eixo vertical com o eixo monumental de Brasília, apontando um dos vértices para o oeste (Figura 53).

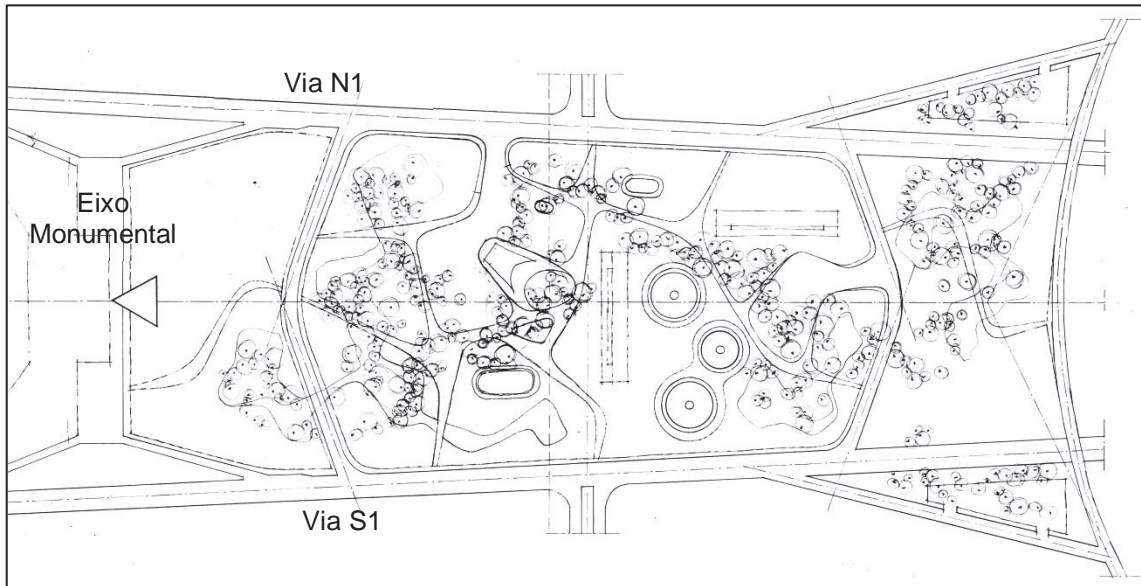


Figura 52 – Desenho TTV-ARQPAI-03_14: Projeto de paisagismo da área de implantação da Torre de TV (Fonte: ArPDF) – Ver Anexo A Prancha 03-14

Foram respeitados afastamentos de 25,0 e 30,0m da projeção de sua cobertura até o limite do terreno e os acessos partiram das avenidas que compõem o eixo monumental: S1 no sentido oeste-leste e N1 no sentido oposto (Figura 53).

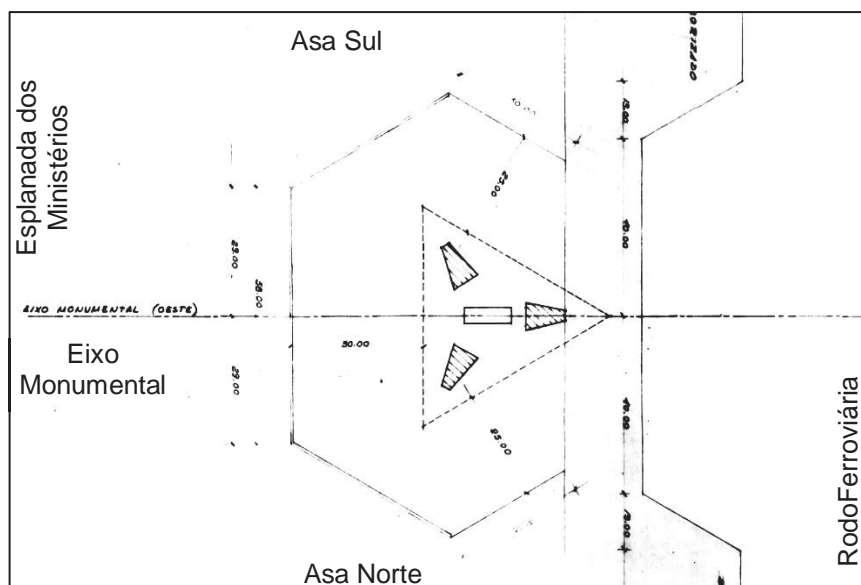


Figura 53 – Desenho TTV-ARQPAI-01_14: Detalhe da Implantação da Torre (Fonte: ArPDF) – Ver Anexo A Prancha 01-14

O projeto paisagístico incluiu uma grande praça no lado leste da Torre, voltada para o prédio do Congresso Nacional, com fontes d'água luminosas e espaços para eventos públicos (Figura 52).

O prédio da Torre de TV está organizado em níveis bem demarcados: Subsolo, Pavimento Térreo, 1º pavimento, ou Piso do Restaurante, e Cobertura (Figura 54 e Figura 55), local de apoio da estrutura metálica. O Subsolo possui em algumas áreas pé-direito duplo, onde existe um mezanino para uso de instalações técnicas. Um mirante foi posicionado a 75,0m do Pavimento Térreo, permitindo total visualização da cidade.

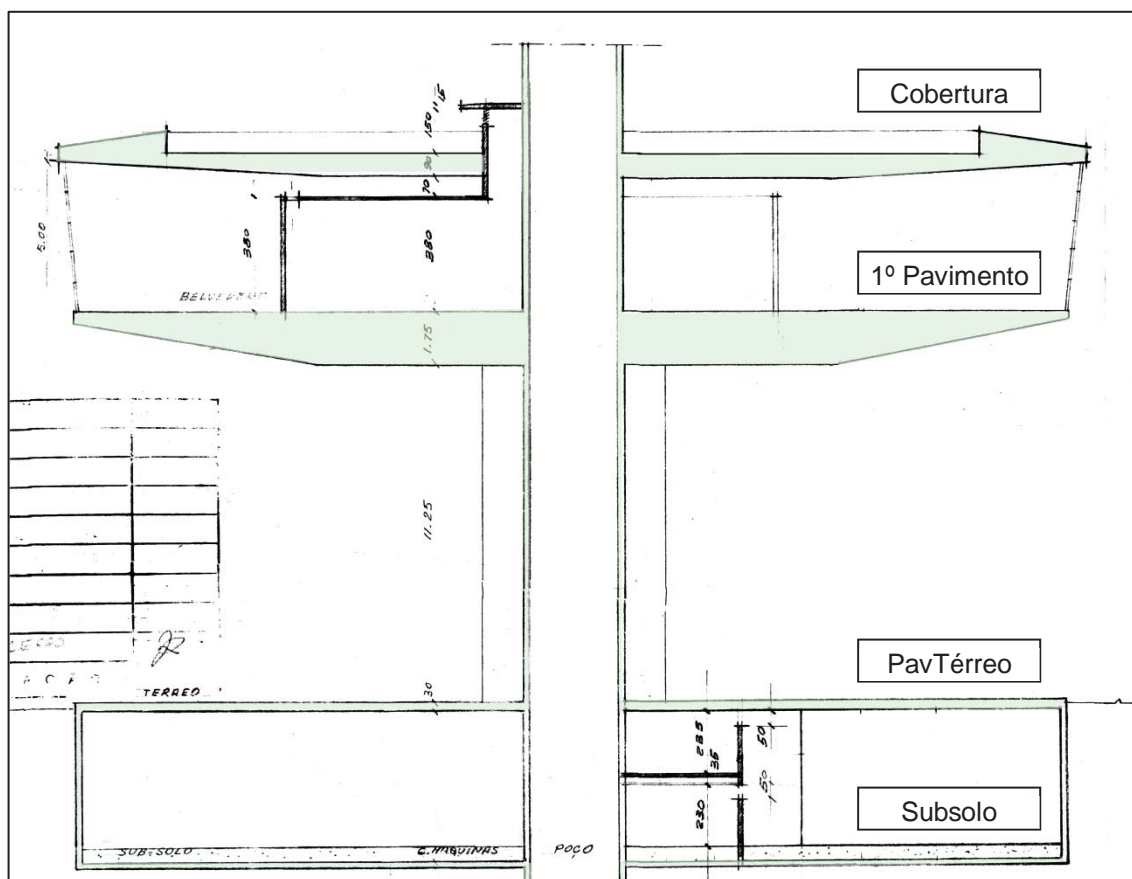


Figura 54 – Desenho TTV-ARQPAI-07_14: Corte AA' (Fonte: ArPDF) – Ver Anexo A Prancha 07-14

O deslocamento vertical é feito através de uma escada de serviço que alcança todos os níveis da Torre e três elevadores: o primeiro de serviço que vai do subsolo ao 1º pavimento, o segundo que leva os visitantes do térreo ao mirante e o terceiro que vai apenas do pavimento térreo ao 1º pavimento.

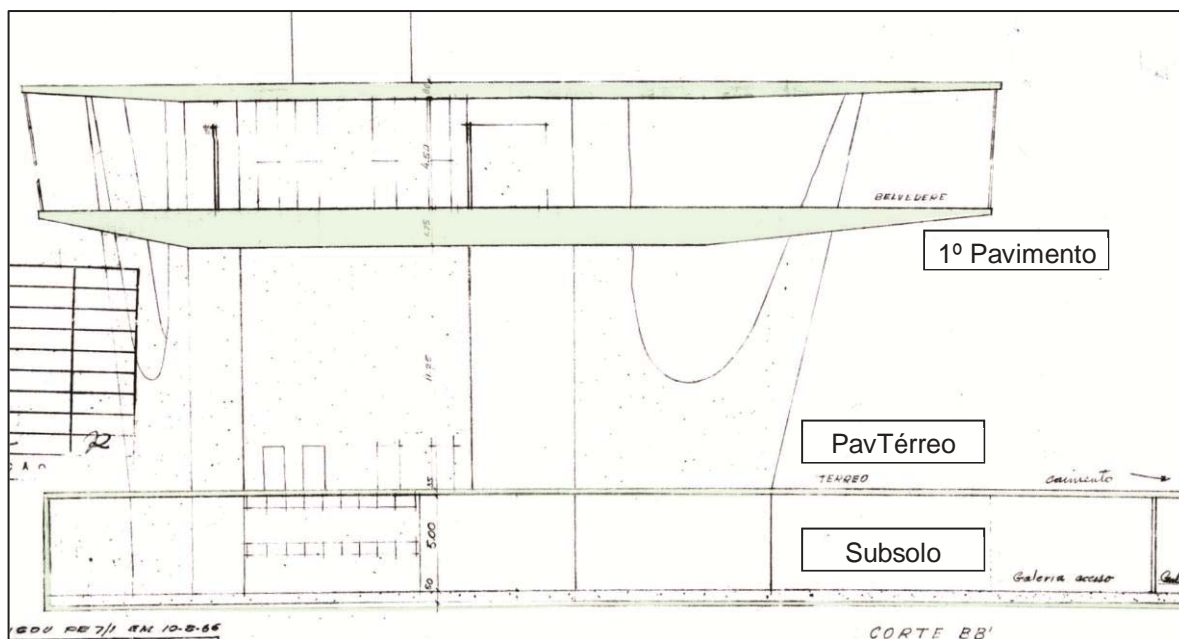


Figura 55 – Desenho TTV-ARQPAI-08_14: Cortes BB' (Fonte: ArPDF) – Ver Anexo A Prancha 08-14

O subsolo, com altura de 5,0m, tem a função de abrigar as instalações técnicas da edificação e dos serviços de apoio, além de possuir um bloco anexo com pé-direito simples para o funcionamento das estações de rádio e televisão.

Na região de pé-direito duplo existe um mezanino, onde foram construídos dois sanitários, masculino e feminino, para uso de funcionários e visitantes. No piso do subsolo foi instalada a casa de máquinas dos elevadores, a subestação de energia, depósitos de serviço e um espaço destinado à administração do prédio. O elevador e a escada de serviço permite o acesso aos demais pavimentos.

Uma galeria serve de ligação entre o prédio da torre e o anexo destinado à instalação dos estúdios de rádio e televisão, colocados na fachada oeste, próximos à entrada de serviço da edificação (Figura 56).

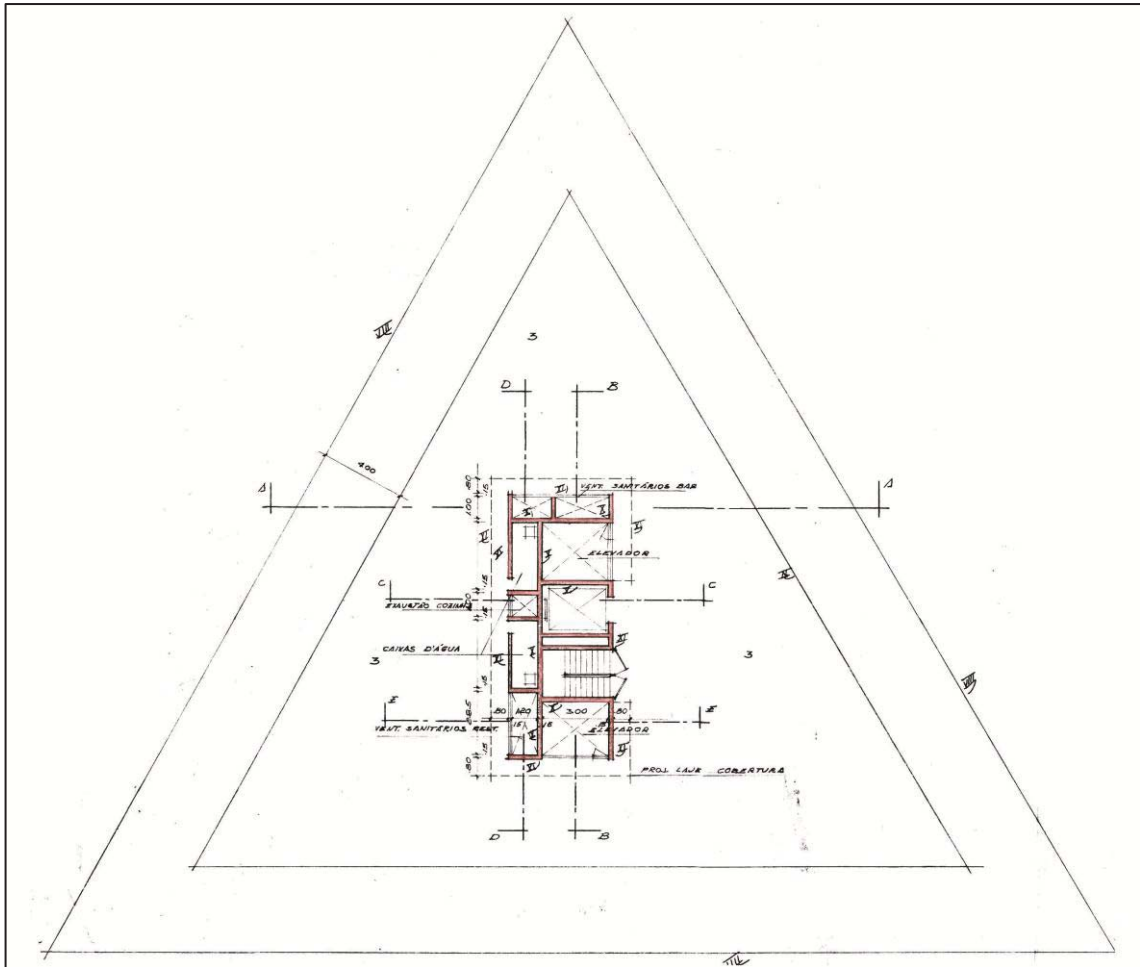


Figura 57 – Desenho TTV-ARQPAI-06_14: Planta da Cobertura da Torre (Fonte: ArPDF) – Ver Anexo A Prancha 06-14

No 1º pavimento foram criadas instalações para um restaurante, com sanitários e cozinha industrial, além de um espaço de convívio, previsto para um museu de exposição. O pé-direito do pavimento tem altura constante de 4,50m. A entrada é feita através de um grande hall destinado a eventuais exposições. Toda a fachada deste pavimento é composta por esquadrias com painéis de vidro, permitindo uma ampla vista da cidade (Figura 58).

Segundo Cademartori (2010), o uso do azulejo insere a tradição na obra modernista construída em Brasília. Na Torre de TV, essa herança portuguesa na arquitetura brasileira aparece em uma parede do 1º pavimento revestida com cerâmicas exclusivas do artista Athos Bulcão, criada para resguardar o acesso aos sanitários. A cobertura do prédio é composta pela laje de concreto armado impermeabilizada com manta butílica.

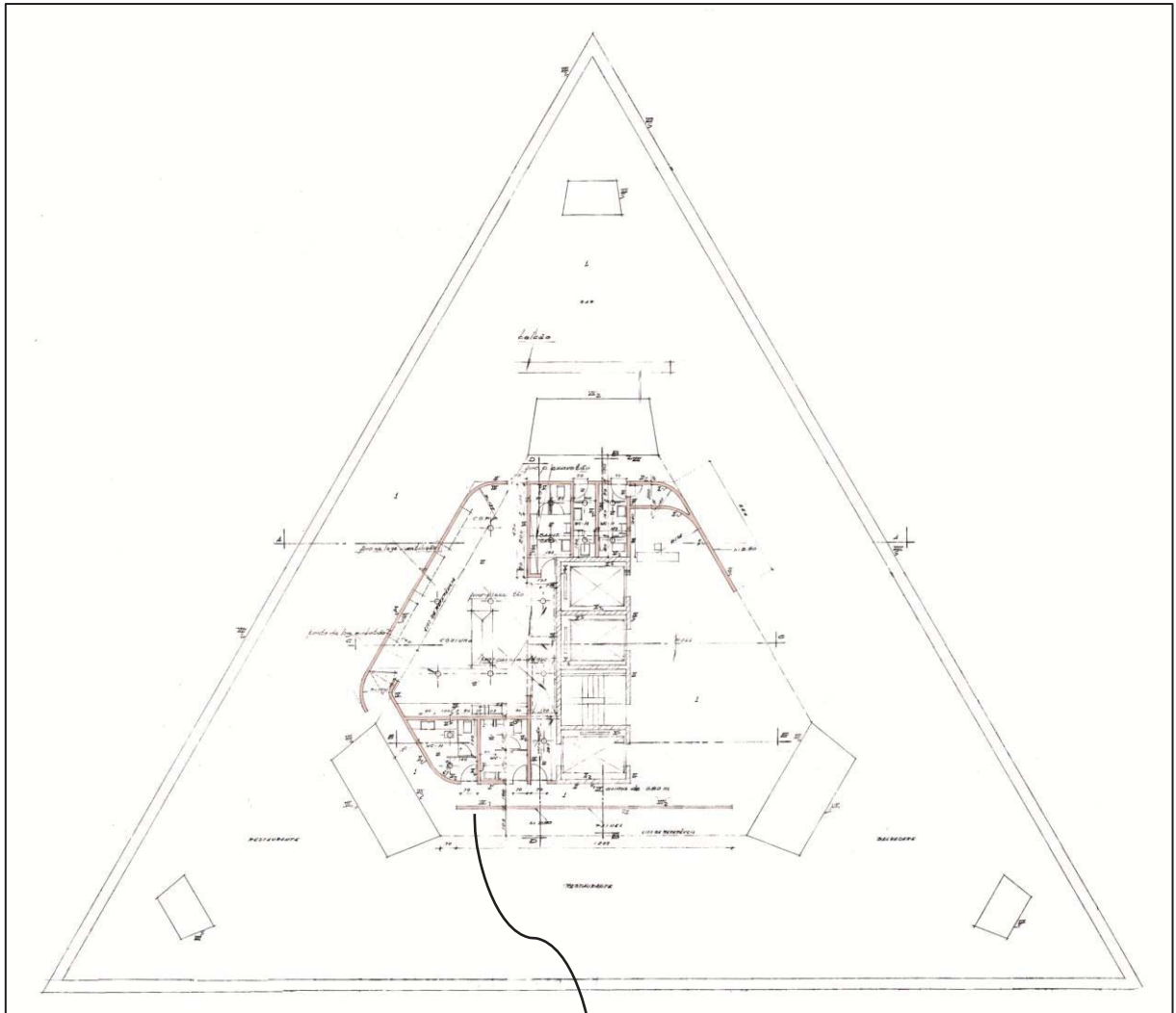


Figura 58 – Desenho TTV-ARQPAI-05_14: Planta do 1º pavimento (Fonte: ArPDF,) e detalhe da parede divisória do 1º pavimento (Fonte: <http://www.fundathos.org.br>, disponível em 1/10/2011) – Ver Anexo A Prancha 05-14

2.7 A estrutura de concreto armado

A estrutura da Torre é baseada no apoio de quatro pilares com seções tubulares com paredes de espessura de 40,0cm, P1, P2 e P3 com planta trapezoidal e

dimensões de 6,0m em sua base maior, 2,45m na base menor e 9,0m de altura. O pilar P4 possui seção retangular com 3,4m de largura e 10,5m de comprimento, aonde se localizam os poços de elevadores e a caixa de escada do prédio (Figura 59).

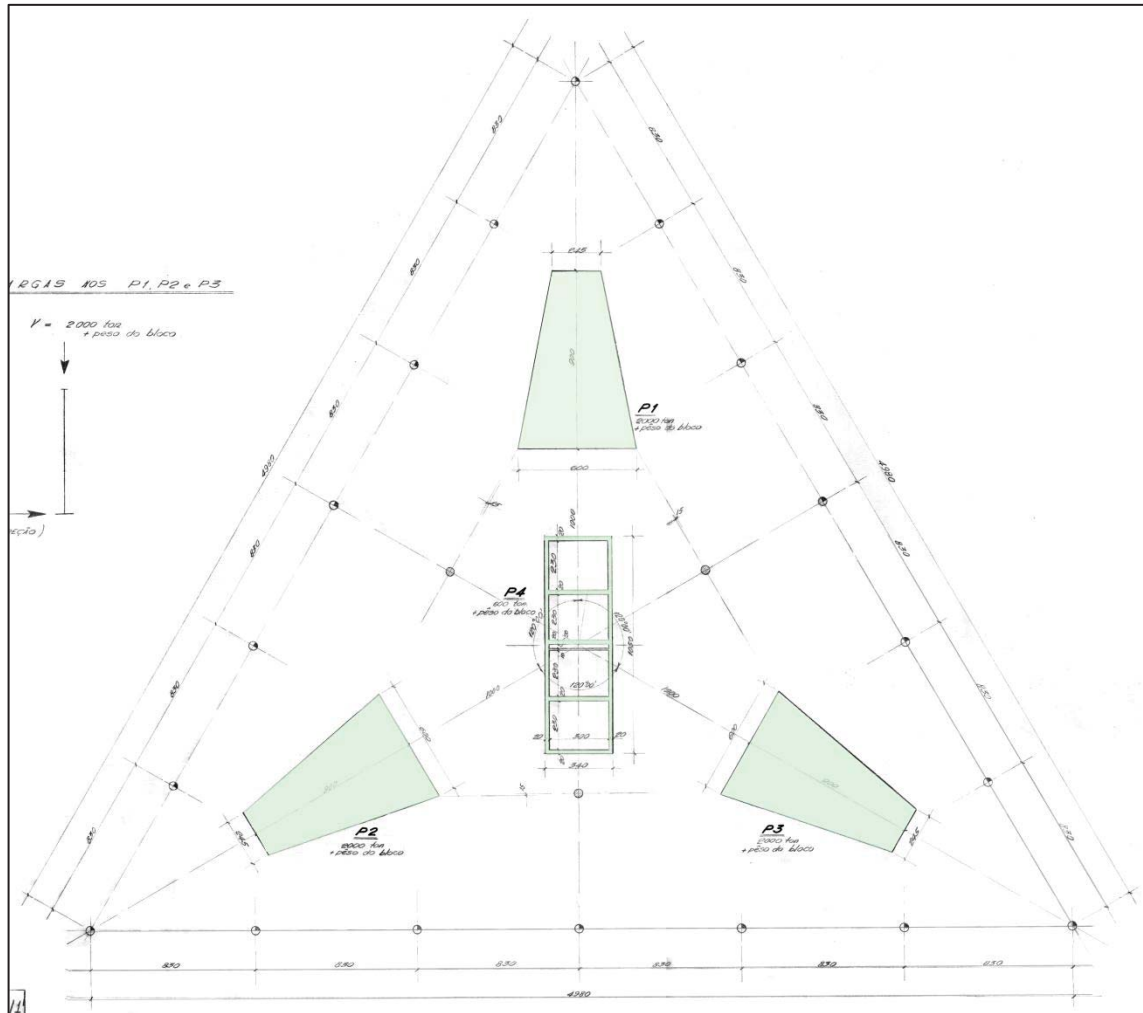


Figura 59 – Desenho TTV-ESTCAR-01_06: Detalhe da locação dos pilares de concreto armado da Torre (Fonte: ArPDF) – Ver Anexo A Prancha 01-06

O posicionamento dos pilares seguiu a planta de locação do projeto de arquitetura e foi feito através do traçado de três eixos A, B e C, desenhados sobre o triângulo equilátero de lado igual a 50,0m que representa a projeção do prédio. O eixo A, vertical em planta, coincidiu com o eixo monumental de Brasília. Os outros dois eixos, B e C, foram criados a partir do ponto definido pelo centro geométrico do triângulo, girados 120° em relação ao eixo vertical (Figura 60).

O pilar P4 foi posicionado exatamente no centro geométrico do triângulo. Os outros três pilares P1, P2 e P3 seguiram a mesma regra de locação: um afastamento de sua face interna de 10,0m a partir do ponto referente ao centro geométrico do triângulo, ao longo dos seus respectivos eixos A, B e C. No meio do vão existente entre os pilares P2 e P3, foi colocado o pilar P5, com seção circular maciça de diâmetro igual a 40cm.

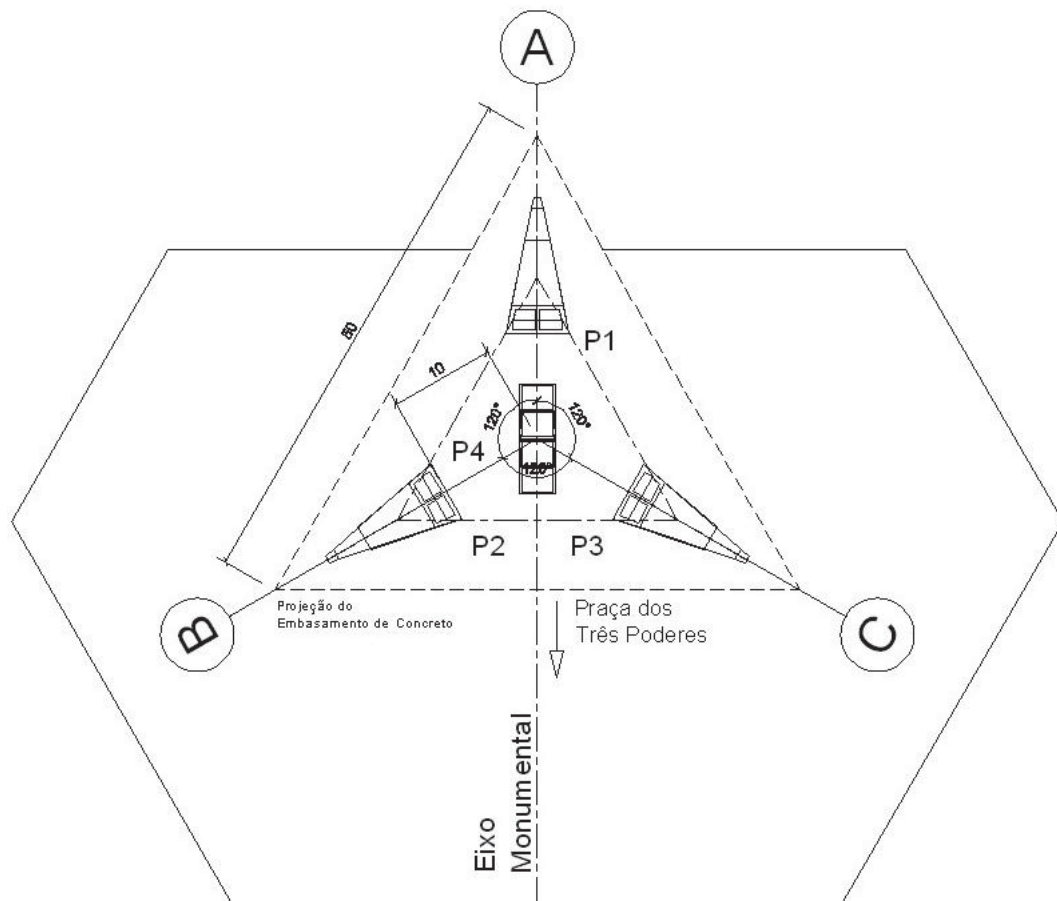


Figura 60 – Locação dos Pilares (Fonte: Autor - Cotas em “m”)

As cargas na fundação foram definidas na Planta CA 1-A/1 - Locação e Cargas, alcançando os valores de 2.000,0 tF na vertical e 25,0 tF na direção horizontal para os pilares P1, P2 e P3 de seções trapezoidais e de 600,0 tF de carga vertical no pilar P4 de seção retangular, mais o peso próprio dos respectivos blocos (Figura 59).

A fundação dos pilares P1, P2 e P3 foi projetada considerando um bloco maciço de concreto armado, com planta trapezoidal e altura de 150,0cm, apoiado em 32 estacas escavadas (Figura 61). O pilar P4 foi apoiado em bloco retangular de 10 estacas, posicionadas sob o encontro de suas paredes externas e internas. No

perímetro externo do prédio, ao longo dos lados do triângulo, foram executadas 18 estacas espaçadas a cada 8,3m, servindo de apoio vertical das paredes de contenção do subsolo.

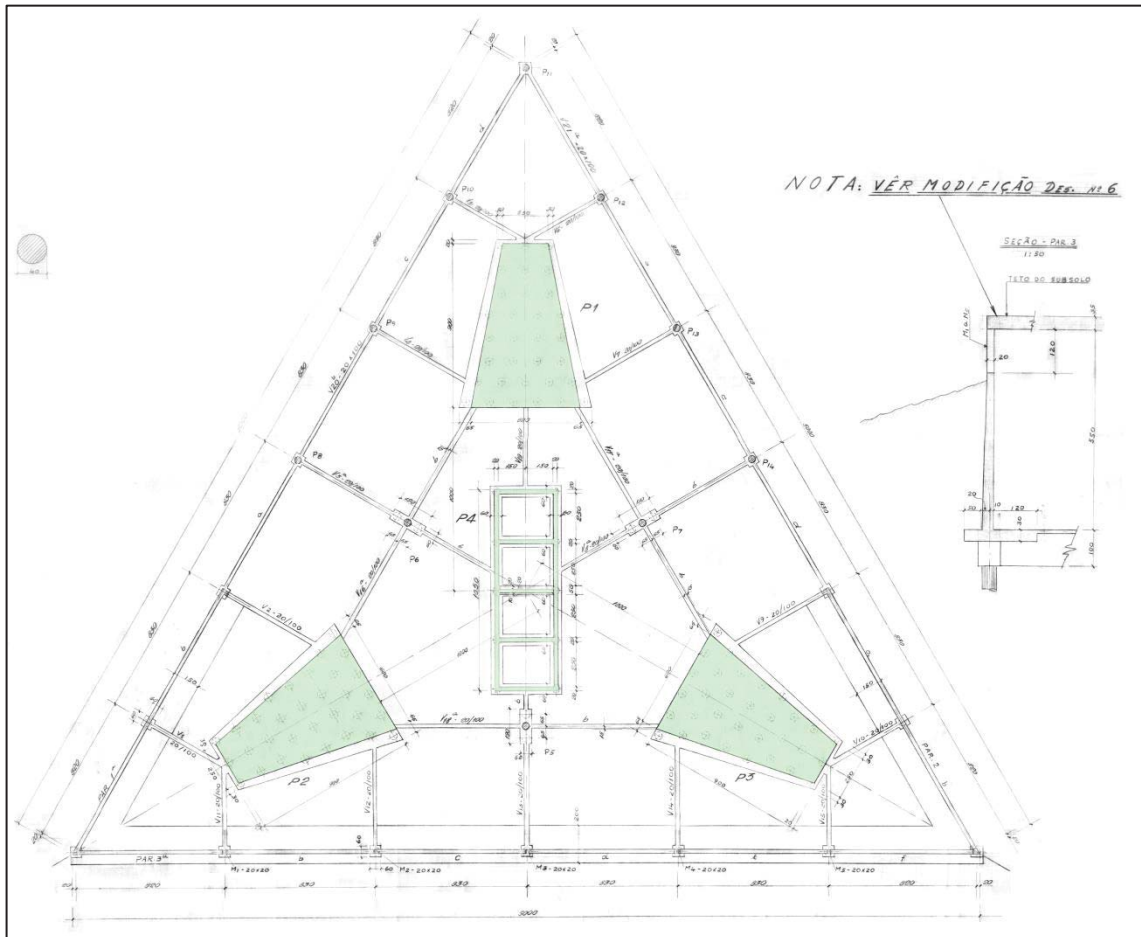


Figura 61 – Desenho TTV-ESTCAR-02_06: Forma do Subsolo (Fonte: ArPDF) – Ver Anexo A Prancha 02-06

O Subsolo da edificação possui as paredes do poço de elevadores, elementos componentes do pilar P4 e as vigas de travamento com seção de $20 \times 100 \text{ cm}^2$, formando uma malha rígida que impede o deslocamento horizontal dos pilares. A contenção do solo foi projetada através do uso de paredes de concreto armado com largura variando de 20cm a 30cm, conforme a profundidade, apoiadas no subsolo em vigas horizontais de $150 \times 30 \text{ cm}^2$ e em cima, na estrutura do pavimento térreo do prédio (Figura 61).

A estrutura do Pavimento Térreo foi projetada com o uso de lajes nervuradas moldadas no local, apoiadas em vigas faixas que se apoiam nos pilares internos e nas cortinas de contorno do prédio. As nervuras possuem apenas uma direção com

largura de 10,0cm, altura de 35,0cm e espaçamento em torno de 30,0cm (Figura 62).

Foi especificado tijolo cerâmico como elemento de enchimento entre as nervuras. As faixas variam de 50,0cm a 150,0cm de largura com 35,0cm de altura, conforme o comprimento do vão.

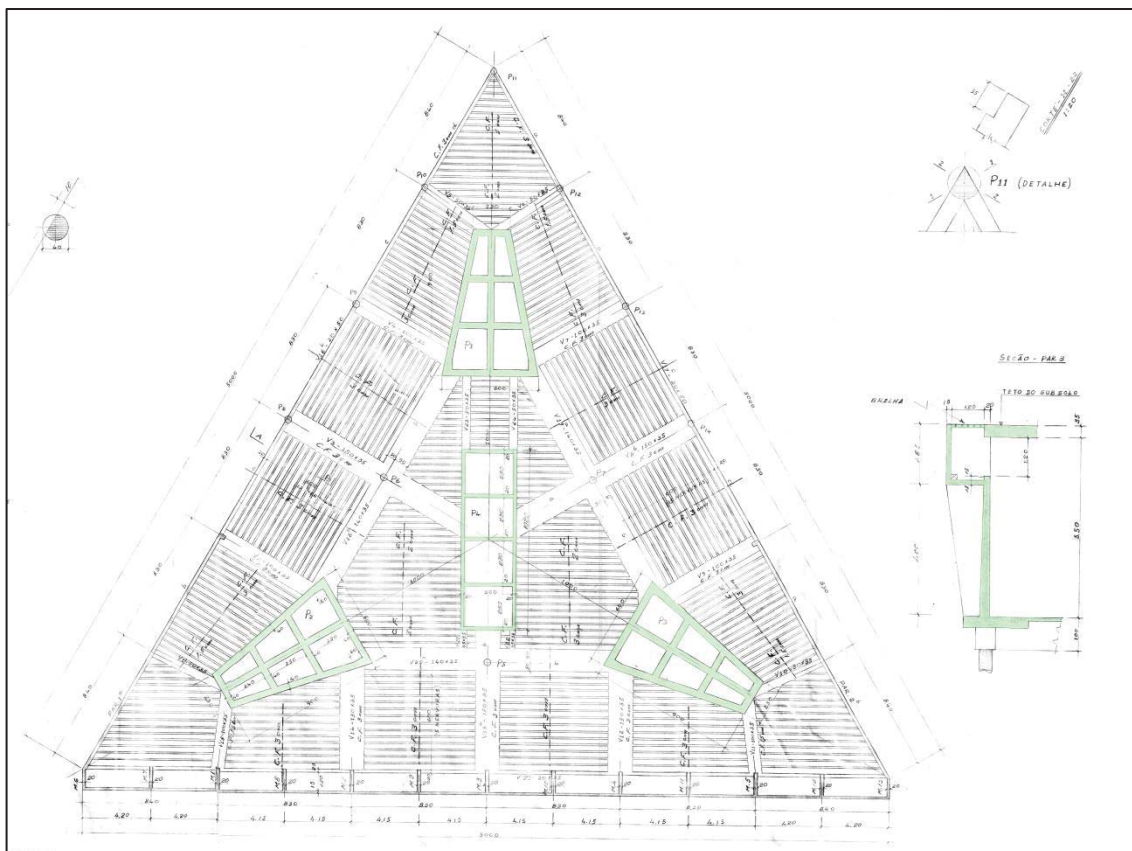


Figura 62 – Desenho TTV-ESTCAR-03_06: Detalhe da Forma do Pavimento Térreo (Fonte: ArPDF) – Ver Anexo A Prancha 03-06

A partir do Pavimento Térreo, os pilares P1, P2 e P3 se abrem na forma de um “V”, dividindo suas seções em dois elementos trapezoidais, uma maciça, mais externa com seção variável e outra vazada, com seção constante, posicionada mais internamente.

As duas partes são interligadas por uma laje de 40,0cm de espessura na forma de semicírculo com raio de 265,0cm e centro posicionado a 7,75m do topo do piso do térreo. Tal artifício confere externamente a ideia dos pilares monolíticos propostos no desenho arquitetônico (Figura 63).

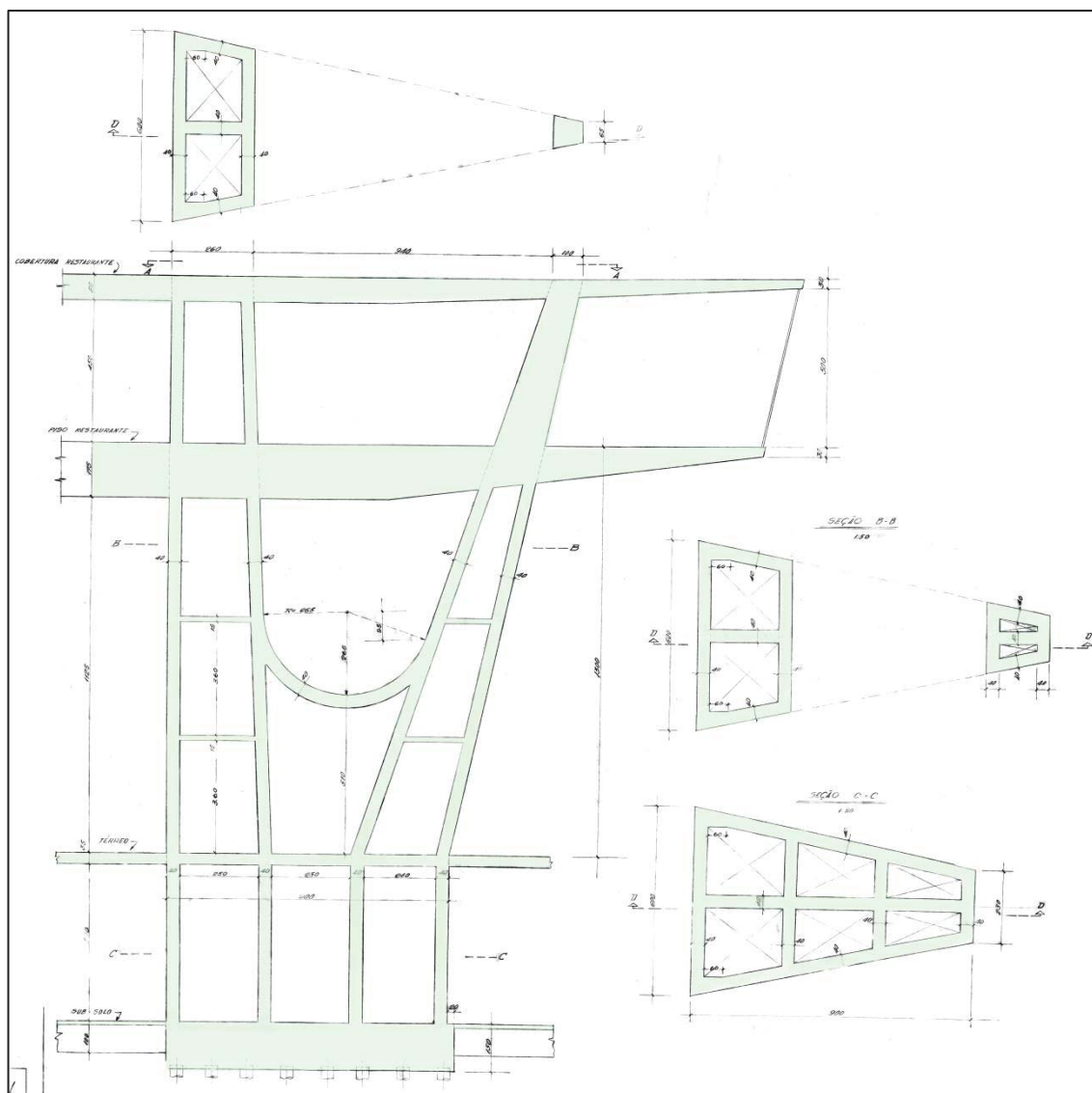


Figura 63 – Desenho TTV-ESTCAR-06_06: Forma dos Pilares P1, P2 e P3 (Fonte:ArPDF) – Ver Anexo A Prancha 06-06

A estrutura do Pavimento Superior, piso do restaurante, possui a forma mais arrojada, tanto pelos carregamentos suportados, como pelos vãos a serem vencidos. Ela é formada no centro por uma laje triangular nervurada nas duas direções, moldada no local, apoiada no meio pelo pilar P4 e no perímetro, por vigas que se apoiam nas seções internas dos pilares P1, P2 e P3 (Figura 64).

As vigas e nervuras nessa região possuem altura constante de 175,0cm. Na direção do balanço, as nervuras possuem seção variável, partindo do valor de 175,0cm no engaste, até alcançar a altura mínima de 30,0cm na extremidade da laje, conforme mostrado no Corte AB, localizado no desenho de Forma do Pavimento Superior.

Os balanços dos pavimentos são suportados, assim, por essas vigas e nervuras de seção variável que se apoiam nos pilares P1, P2 e P3 e pelas lajes formadas por nervuras de seção variável, engastadas na estrutura rígida do centro.

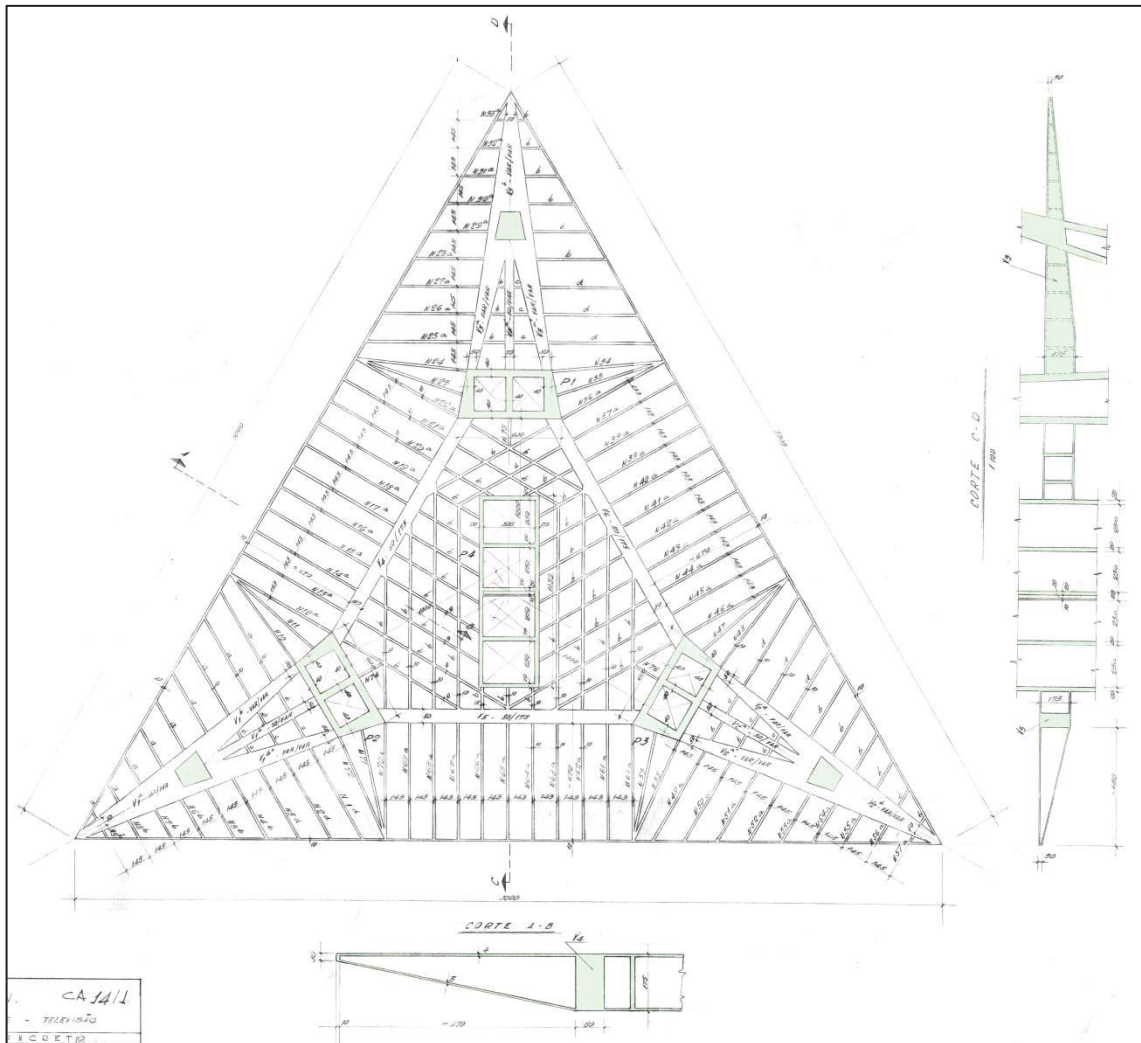


Figura 64 – Desenho TTV-ESTCAR-04_06: Forma do Pavimento Superior, piso do Restaurante (Fonte:ArPDF). – Ver Anexo A Prancha 04-06

A cobertura possui um modelo semelhante à do pavimento superior, porém, devido ao menor carregamento, as nervuras e vigas possuem alturas máximas de 100 cm. Os pilares P1, P2 e P3 possuem a mesma seção na parte interna, seguindo porém a diminuição linear da seção da parte externa (Figura 65).

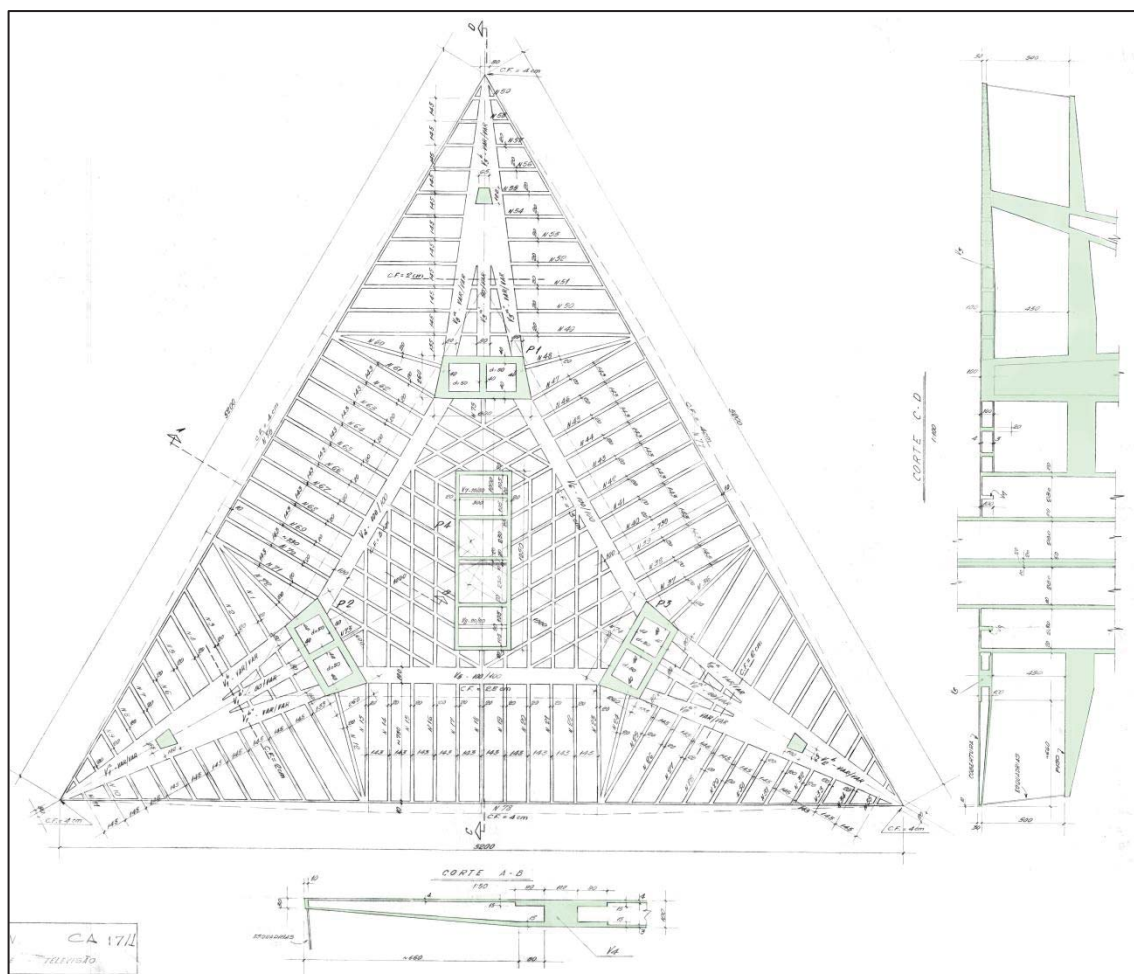


Figura 65 – Desenho TTV-ESTCAR-05_06: Forma da Cobertura (Fonte:ArPDF) – Ver Anexo A Prancha 05-06

2.8 A estrutura metálica

O projeto da estrutura metálica da Torre de TV buscou racionalizar a montagem das peças, principal desafio da obra, através de um dimensionamento pragmático, baseado na leveza e na repetição dos elementos estruturais e de suas conexões.

Para alcançar a altura total de 217,0m, estabelecida no projeto inicial da Torre, a estrutura foi dividida em três trechos (Figura 66), denominados I, II e III, sendo:

- a) Trecho I: o mais extenso com 122,0m, que se inicia na laje de cobertura do embasamento no nível +25,00m e segue até o nível +147,00m, com seção hexagonal de largura variável;
- b) Trecho II: do nível +147,00m até o nível +192,65, com seção quadrada de largura variável e comprimento total de 45,65m;

- c) Trecho III: do nível +192,65 até o topo no nível +217,00, com seção quadrada de 1,00 m e comprimento total de 24,35m.

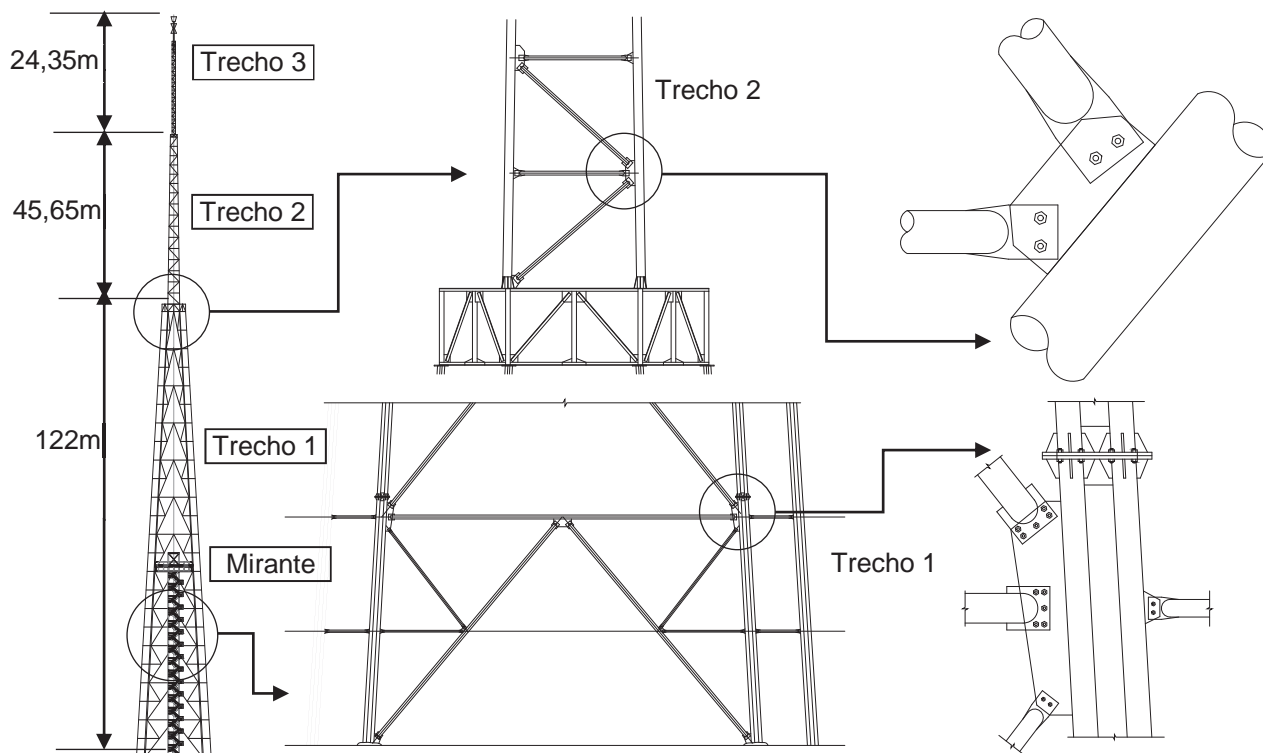


Figura 66 – Detalhes da estrutura metálica da Torre (Fonte: Novacap)

A parte metálica da Torre se conecta com o seu embasamento de concreto armado através de seis pontos apoiados nos pilares de concreto armado P1, P2 e P3, onde são posicionadas as placas de base das cordas do Trecho I. Outros seis pontos servem de apoio para os pilares metálicos que compõe a estrutura auxiliar da escada e do elevador, posicionados sobre o pilar P4 da estrutura do embasamento (Figura 67).

As cordas da estrutura do Trecho I são perfis compostos, formados pela associação de três tubos circulares com diâmetro de $4\frac{1}{8}$ " , interligados por uma chapa de aço de espessura de $\frac{1}{2}$ ". O conjunto é soldado em uma placa de base hexagonal com espessura de $1\frac{1}{2}$ " , enrijecidos por doze chapas verticais de $\frac{5}{8}$ " , que se liga a cada pilar de concreto armado através de doze chumbadores circulares com seção de $1\frac{1}{2}$ " (Figura 69).

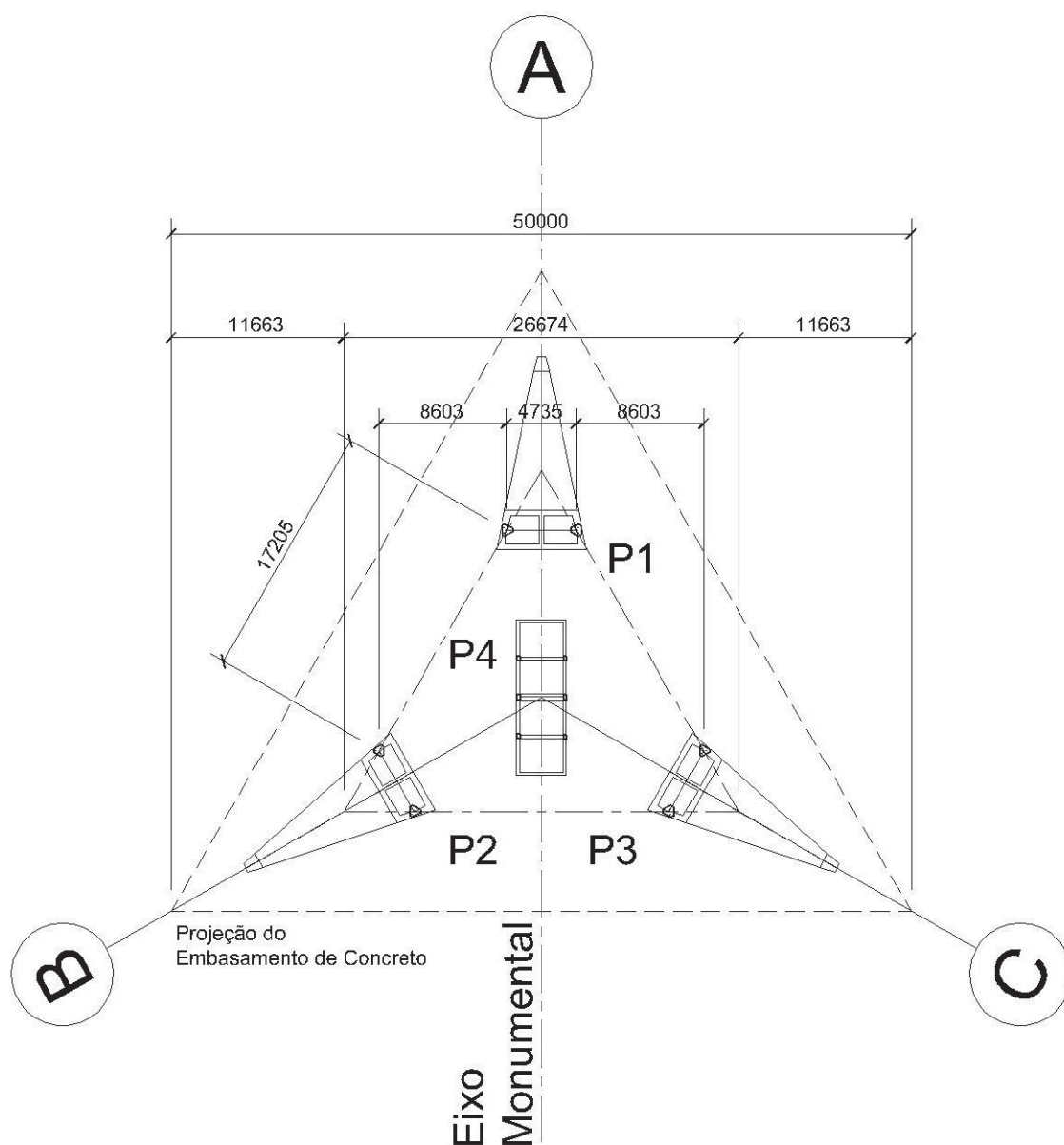


Figura 67 – Locação da Estrutura Metálica (Fonte: Autor - Cotas em “mm”)

Um acréscimo médio de espessura no valor de 200mm foi sugerido no projeto da estrutura metálica, com objetivo de corrigir o posicionamento dos chumbadores das placas de base das cordas, apoiadas sobre os pilares de concreto armado do embasamento (Figura 68).

O curto prazo destinado para o desenvolvimento de projetos multidisciplinares como a Torre de TV, característica das obras executadas durante a fase inicial da construção de Brasília, que não permitia uma análise mais elaborada para compatibilização dos desenhos, provavelmente, gerou essa falha de detalhamento.

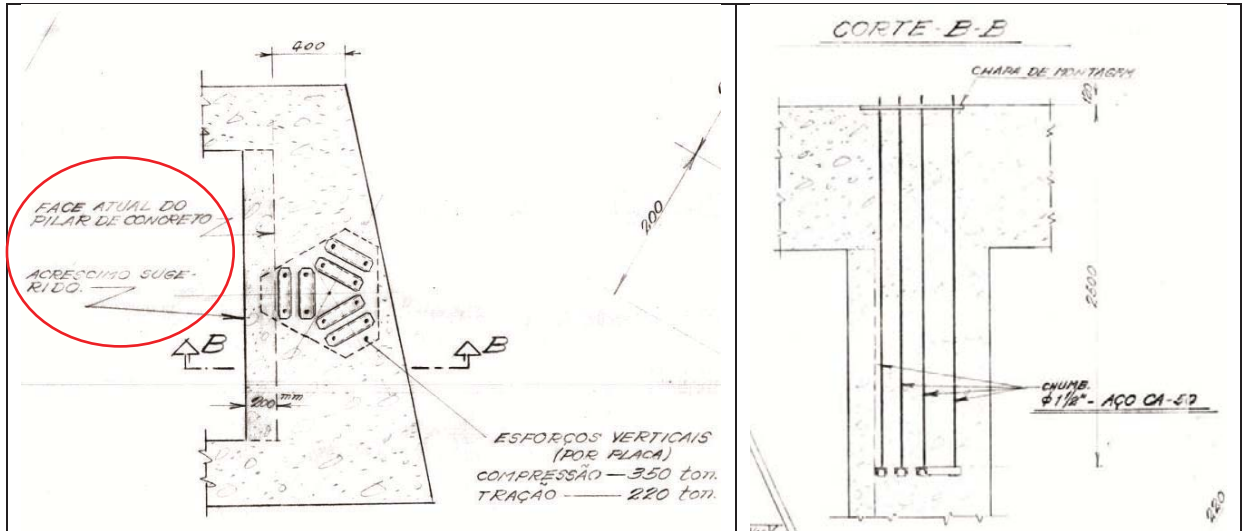


Figura 68 – Detalhe do acréscimo do pilar sugerido no projeto de montagem (Fonte:ArPDF).

Os pilares da escada e da caixa de elevador são também seção compostas, porém, formadas pela associação de dois perfis U laminados, ligados entre si por uma chapa de 5/16". O conjunto se liga por solda em cantoneiras laminadas, por sua vez, conectadas nas placas de base de 7/8" e 1/2" de espessura através de quatro chumbadores apoiados nas paredes de concreto armado existentes.

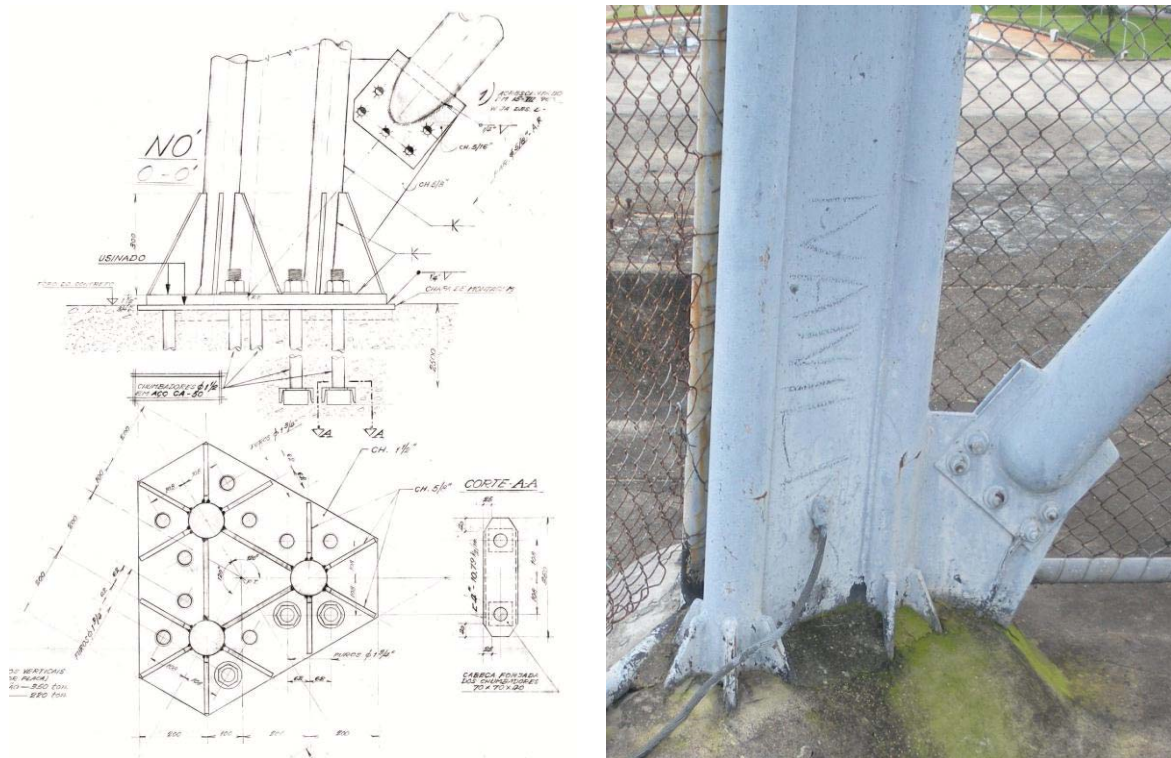


Figura 69 – Placa de Base das Cordas Principais (Fonte: ArPDF, Foto: Autor)

No plano vertical, o Trecho I da estrutura (nível +25,00 ao nível +147,00) com 122.000mm de comprimento se desenvolve como uma pirâmide de seção hexagonal irregular, com lado maior de 17.206mm e menor de 4.735mm na base. No plano maior as cordas principais são contraventadas por uma treliça na forma de um K, enquanto que no outro plano do hexágono, que compõe o lado menor, a estabilidade é feita através de um pórtico rígido (Figura 70).

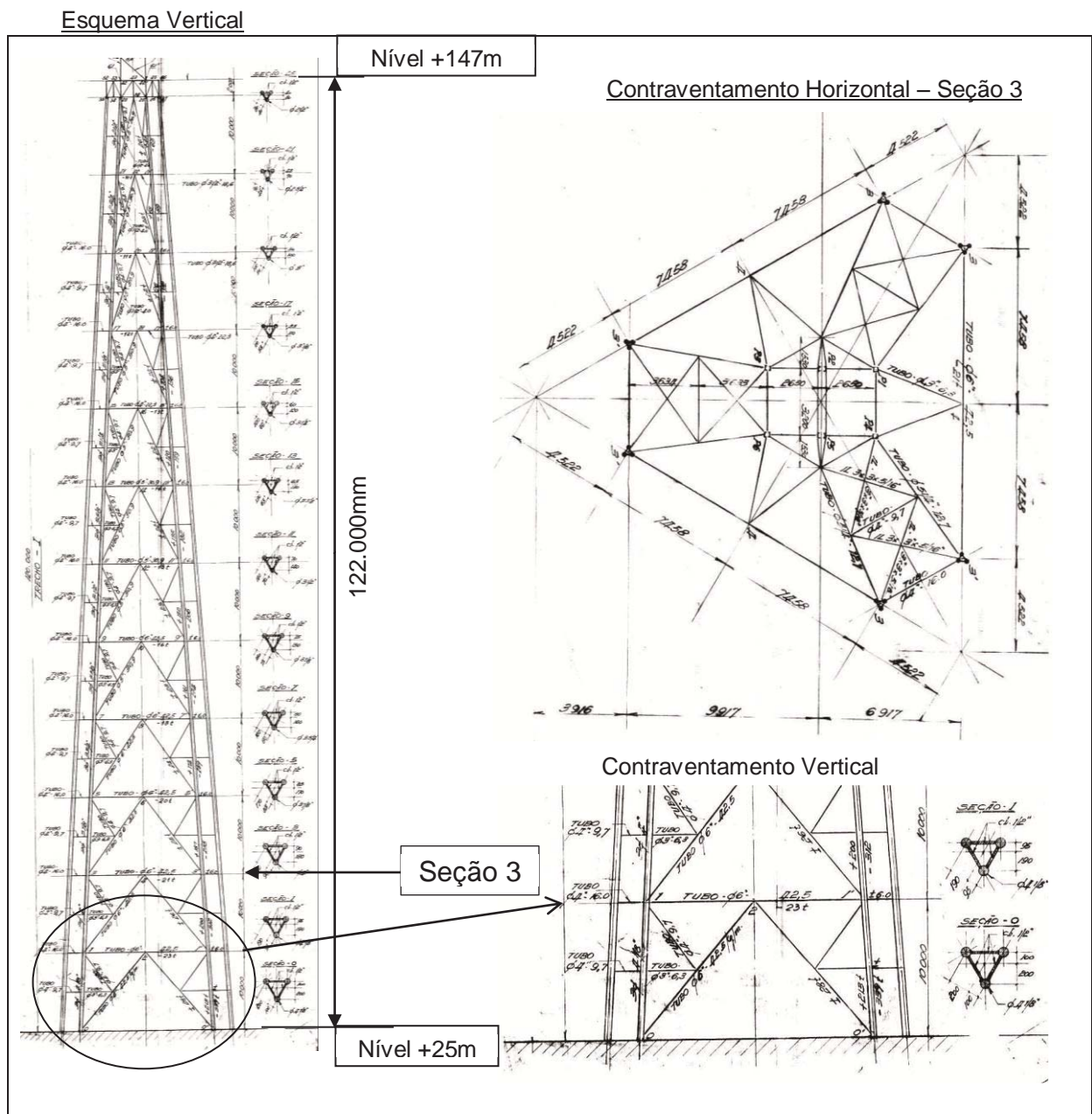


Figura 70 – Detalhe do Trecho I da estrutura metálica da Torre (Fonte: ArPDF) – Ver Anexo A Prancha 02-17 e 03-17.

Na horizontal, foram executadas treliças de contraventamento a cada 5.000mm de altura (Figura 70), compondo o sistema tridimensional de estabilidade da estrutura. Todas as barras foram fabricadas como tubos de seção circular, variando o diâmetro e a espessura da chapa conforme os esforços a serem vencidos.

As ligações soldadas existentes na estrutura foram executadas na fábrica, antes de serem transportadas as peças para a obra (Figura 71). Todas as ligações de campo foram feitas com o uso de parafusos de alta resistência tipo 10K da norma alemã DIN267, conforme as notas de especificação existentes no desenho D-11, referente ao detalhe de emenda das cordas, que se repetem em outras pranchas de detalhamento do projeto:

- a) *A preparação das juntas, a escolha dos eletrodos, a execução das soldas e a sua inspeção devem obedecer rigorosamente a melhor técnica de solda.*
- b) *Os soldadores devem ser selecionados conforme os métodos brasileiros P-MB-262 da ABNT.*
- c) *Os parafusos de alta resistência indicados na tabela, obedecem as normas provisórias alemãs para obras de edifícios de aço ST 37 com parafusos do tipo 10K da DIN-267. poderão ser utilizados parafusos de outras normalização desde que tenham características similares às indicadas acima (Fonte: ArPDF).*

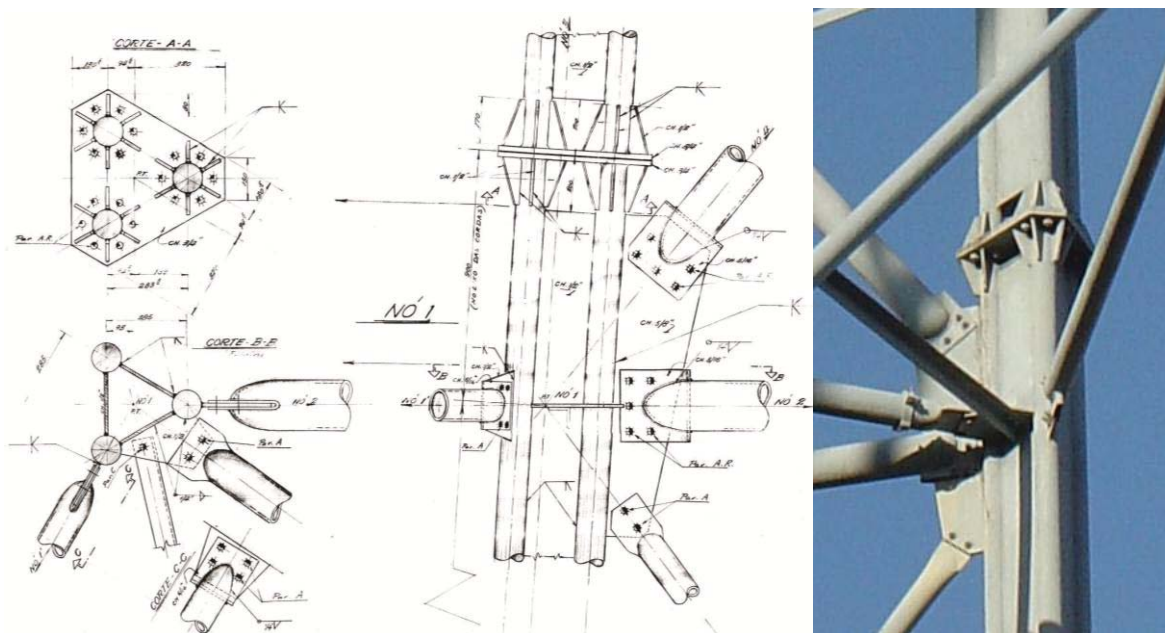


Figura 71 – Detalhes das Emendas das Cordas no Trecho I (Fonte:ArPDF)

Conforme o modelo estrutural adotado, a transição do Trecho I para o Trecho II foi projetada utilizando um sistema treliçado tridimensional, caracterizando o apoio engastado (Figura 72). Vigas treliçadas, com 2.000mm de altura, interligam as cordas principais da estrutura do Trecho I e o perímetro da área. As treliças são compostas nos banzos e diagonais por barras formadas por duas cantoneiras laminadas de 3", os montantes possuem seção circular.

A transição dos pilares do Trecho II é feita através de aparelhos de apoio criados sobre vigas de perfil I laminado com 20" de altura, que se apoiam nas treliças do conjunto, configurando a rigidez necessária do sistema (Figura 73).

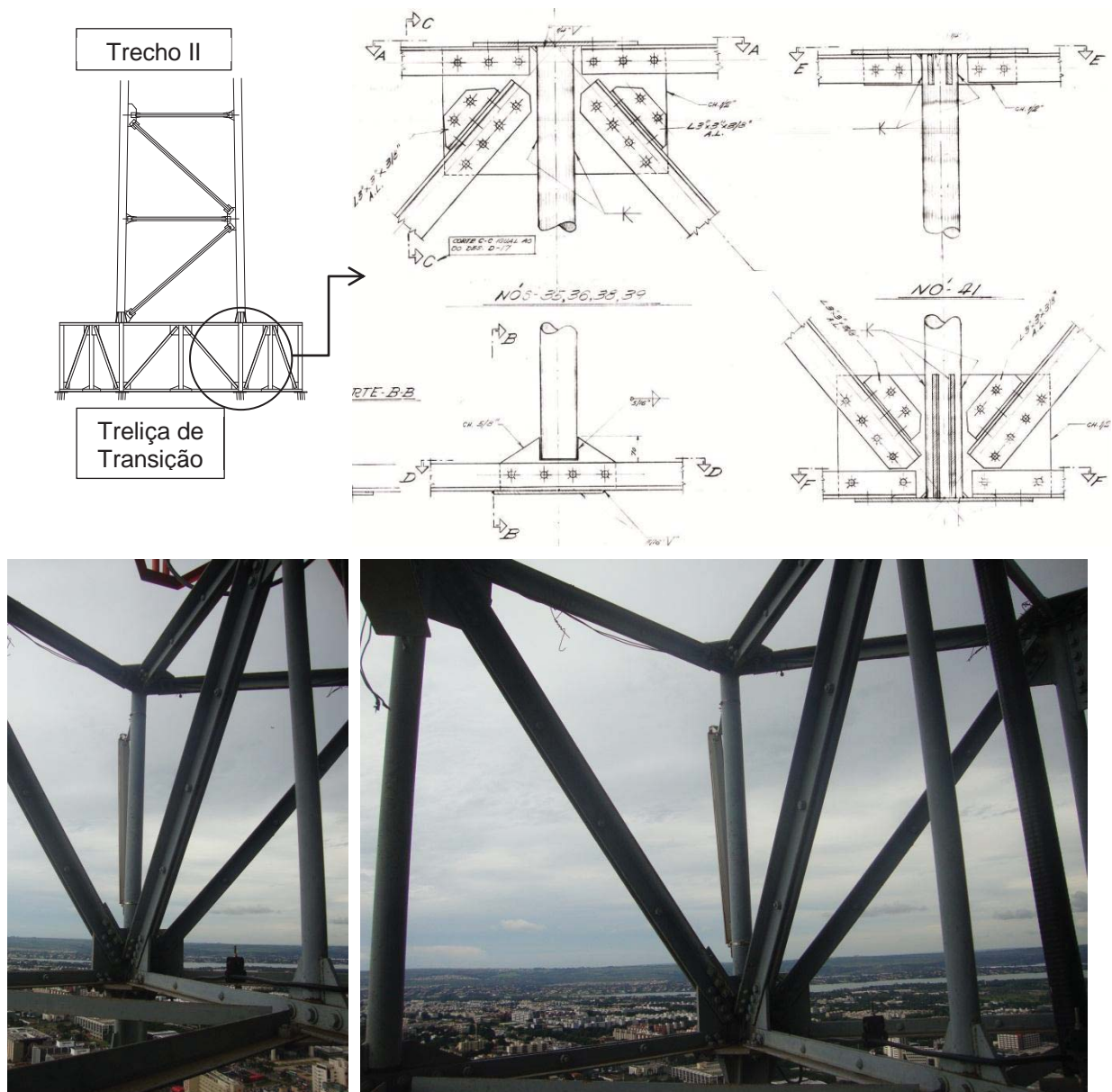


Figura 72 – Transição entre os Trechos I e II (Fonte: ArPDF, Fotos: Autor)

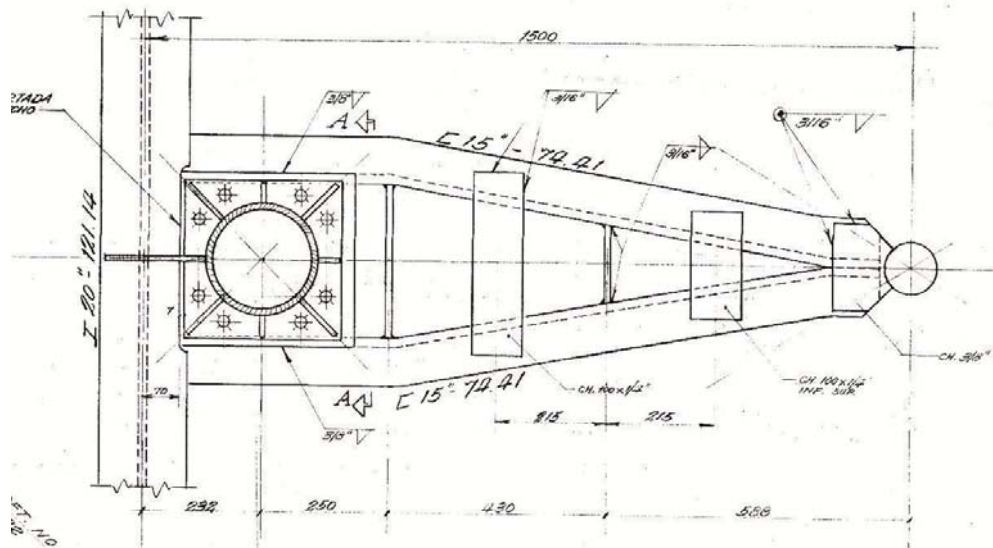


Figura 73 – Transição entre os Trechos I e II (Fonte: ArPDF, Fotos: Autor)

O Trecho II da estrutura (nível +147,00 ao nível +192,65), com comprimento total de 45.650mm, é formado por uma pirâmide de base quadrada de lado variável, composta por uma treliça nos seus quatro planos verticais, sendo dez módulos de 3.000mm e seis de 2.500mm, completando a altura na estrutura de transição superior de 650mm (Figura 74).

Todos os elementos são formados por perfis tubulares de seção circular, inclusive a diagonal de contraventamento horizontal que dá estabilidade ao sistema tridimensional.

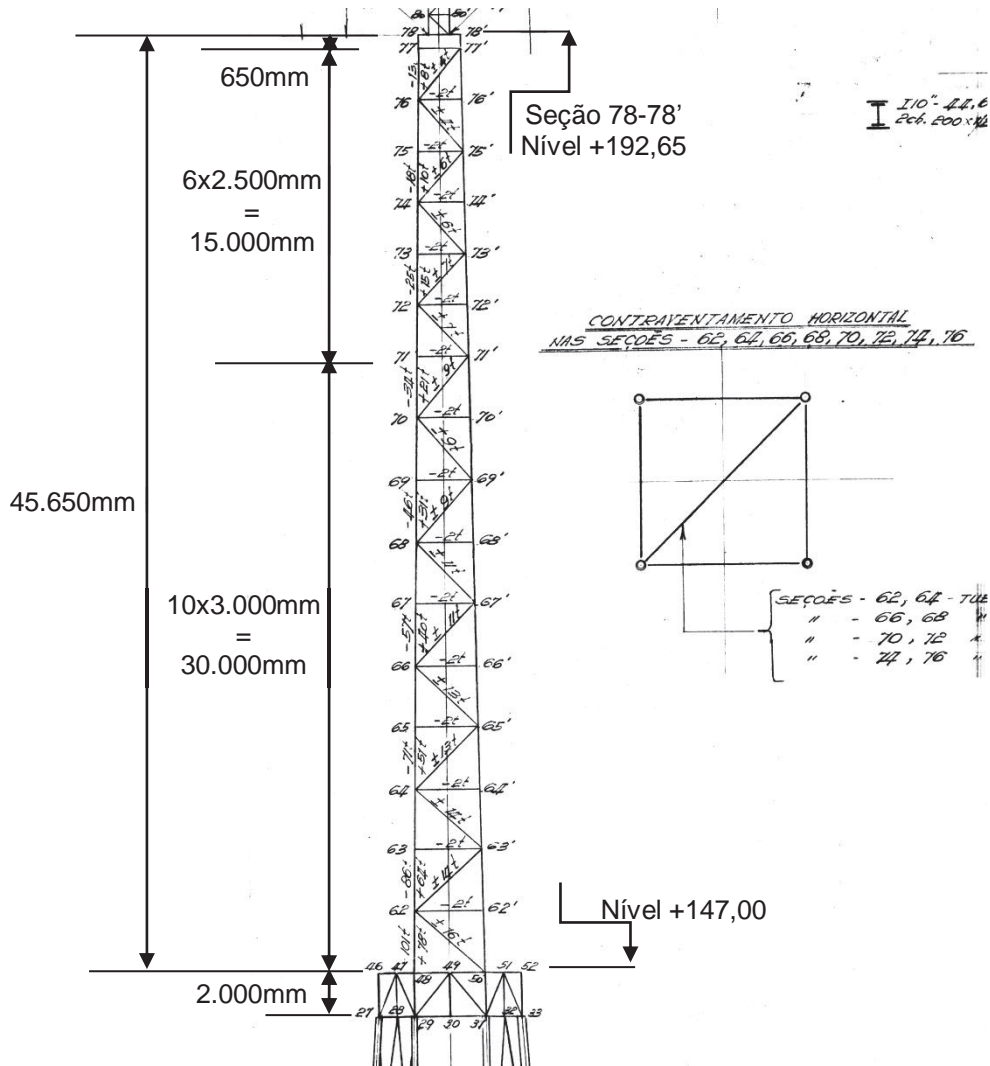


Figura 74 – Vista da estrutura do Trecho II (Fonte:ArPDF)

A seção 78-78' da estrutura com lado de 2.000mm, transição do Trecho II para o Trecho III, como na anterior, foi projetada para funcionar como um engaste e foi feita com o uso de vigas de perfil I laminado com 10'' de altura, posicionadas na diagonal do plano horizontal (Figura 75). O conjunto foi ligado a uma treliça formada por barras compostas de tubos de seções circulares com altura total de 650mm, localizada no perímetro da área de transferência, configurando a rigidez necessária do sistema.

O detalhamento dessas áreas de transferências entre os Trechos I-II e II-III, com elevada rigidez, caracterizaram bem o modelo estrutural proposto para a Torre que considerou três elementos engastados nas seções de transição, incluindo a ligação do Trecho I com o embasamento de concreto armado.

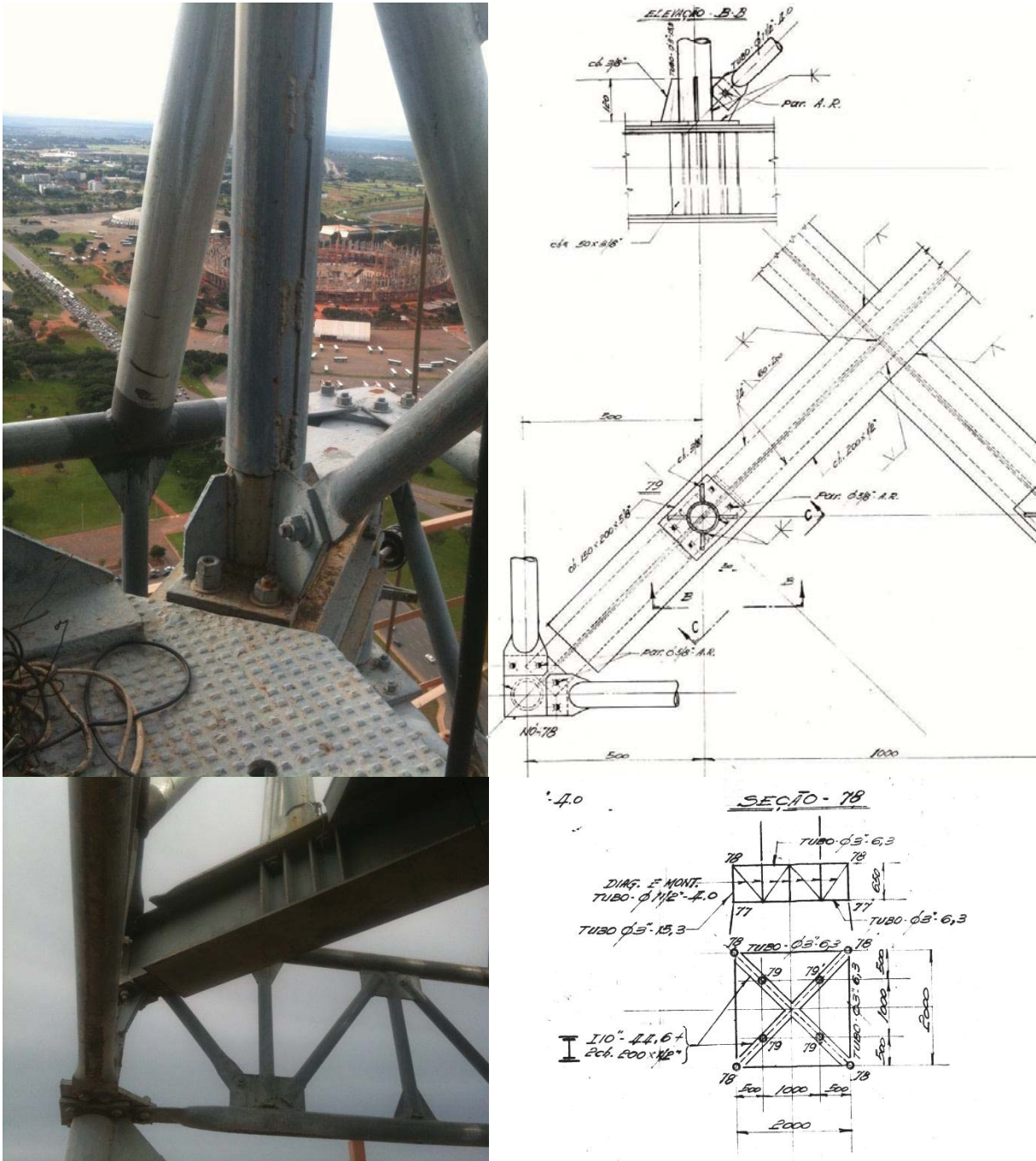


Figura 75 – Detalhe da transição entre os Trechos II e III (Fonte: ArPDF)

O Trecho III da estrutura (nível +192,65 ao nível +217,00), com comprimento total de 24.350mm, é formado por um prisma de base quadrada com lado de 1.000mm, composto por uma treliça nos seus quatro planos verticais com vinte e quatro módulos de 1.000mm, completando a altura na estrutura do topo da Torre com 350mm. Todos os elementos são formados por perfis tubulares de seção circular com 3" e 1½", inclusive a diagonal de contraventamento horizontal que dá estabilidade ao sistema tridimensional (Figura 76).

Congresso Nacional, configurando claramente o eixo Leste-Oeste dentro da escala monumental da cidade. A escala residencial desenhou a direção Sul-Norte.

Apesar de caracterizar no seu Plano Piloto o traçado do eixo monumental como sendo a distância percorrida desde a praça do Governo até a praça Municipal, ao criar os dois elementos verticais da Torre de Televisão e do prédio do Congresso Nacional, Lucio Costa estabeleceu pela linha ligada por esses dois pontos, a fluência da monumentalidade da nova capital federal.

Após estabelecer sua função tecnológica e urbana, Lucio ainda demonstrou sua última intenção com a obra da Torre de Rádio e Televisão ao desenvolver seu projeto de arquitetura. Ela deveria ser uma construção monumental, simbólica, mas sem ostentação, que atraísse a atenção das pessoas, visitantes ou futuros moradores, tanto para a praça de convívio no térreo, como para o mirante com visão panorâmica da cidade, permitindo seu melhor entendimento.

A mudança do vértice principal da Torre, apontando para leste, ao contrário da proposta inicial que se voltava para o vértice da Praça dos Três Poderes, permitiu também aos usuários do restaurante uma vista privilegiada do eixo monumental de Brasília. Lucio tinha sempre a intenção de usar a Torre de TV como um elemento facilitador do entendimento da cidade.

Ele propôs um prédio com a utilização dos dois materiais estruturais vigentes na construção civil, a massividade do concreto armado para o piloti de embasamento e a permeabilidade do aço para vencer o desafio de 217m de altura, na época a quarta maior torre já construída no mundo. Inseriu, porém, a tradição na obra modernista da Torre de TV, quando propôs o revestimento marcante de uma das paredes do restaurante com cerâmicas exclusivas de Athos Bulcão.

A Torre representou a concepção de Lucio Costa para Brasília, sendo um elemento que atendesse as funções vitais de uma cidade e com atributos inerentes de uma capital federal, a harmonia entre a *urbs* e a *civitas*.

Mesmo sem nunca ter construído uma torre metálica, Lucio tinha em mente um pré-dimensionamento adequado, fruto de seu convívio com a Torre de Eiffel em Paris, e também, através de sua experiência na Feira Internacional de 1939 em Nova York,

quando trabalhou ao lado Oscar Niemeyer, no escritório de Harrison & Abramovitz, responsáveis pelo projeto do Trylon, uma torre de base triangular com 213m de altura. Da janela de sua sala de trabalho, no Rockefeller Center, Lucio podia avistar a imagem do Trylon e do Perisphere, os elementos do Tema Central e símbolos da Feira de 1939.

Ao analisarmos o croqui de Lucio Costa para a Torre no relatório do Plano Piloto, contudo, percebe-se que o dimensionamento da estrutura metálica atendeu mais aos critérios de racionalidade estrutural do que o risco arquitetônico. Para Sérgio Porto²⁷, arquiteto do departamento de urbanismo da Novacap durante os primeiros anos da construção de Brasília, o desenho final da estrutura metálica da Torre ficou esbelto demais, não representando a monumentalidade sugerida por Lucio no Relatório do Plano Piloto.

As duas soluções apresentadas pelo engenheiro Paulo Rodrigues Fragoso tinham em comum o dimensionamento focado na leveza e na esbelteza das peças, sempre com a intenção de facilitar a montagem e diminuir o custo final da obra. Objetivos principais em um projeto de engenharia.

Apesar da convergência das cordas nos trechos superiores, o sistema de contraventamento lateral da parte inicial da primeira proposta apresentada por Fragoso para a estrutura metálica da Torre, acabou prejudicando a forma original do desenho arquitetônica.

A segunda tipologia – que foi executada - mesmo considerando a ruptura de geometria existente nas transições dos trechos, mostrou-se mais adequada, apresentando maior facilidade de montagem da estrutura metálica e do sistema de antenas. Novamente, percebe-se o foco na racionalidade do projeto (Figura 28).

Além disso, o pouco conhecimento de Lucio em projetos de torres metálicas dificultou a interação com Fragoso. O embasamento de concreto armado, ao contrário, seguiu bem o traço original do arquiteto. Apesar de possuírem a mesma formação das escolas de engenharia brasileiras do início do século XX, calcadas no profundo conhecimento das ciências exatas, o perfil mais humanista de Joaquim

²⁷ Conforme entrevista concedida ao autor em dezembro de 2008.

Cardozo, autor do projeto de estrutura de concreto armado da Torre, e a característica mais plástica do material o aproximou mais do entendimento da intenção arquitetônica da obra do que Paulo Fragoso.

Joaquim Cardozo entendeu a arquitetura de Lucio para a Torre e foi transparente na sua proposta estrutural. Ele projetou um núcleo rígido formado pela figura geométrica desenhada a partir da ligação entre os três pilares da Torre, incorporando os pilares da caixa do elevador e escada, permitindo com isso, que a parte em balanço da estrutura ficasse devidamente engastada. O desenho da fôrma dos pavimentos da Torre deixa evidente o funcionamento da estrutura e a percepção clara de Cardozo quanto ao seu comportamento.

Portanto, se vale a ideia do professor Salvadori (1963) de que o conhecimento de estruturas pelos arquitetos é desejável, pois uma estrutura correta só pode contribuir para a beleza da obra, percebe-se também a importância do entendimento de arquitetura pelos engenheiros estruturais. Essa fusão de conhecimentos torna-se ainda mais importante em obras onde a estrutura dimensiona a forma arquitetônica, como no caso das pontes, dos edifícios altos e das torres.

A monumentalidade da Torre de Televisão de Brasília, principalmente na composição de sua estrutura metálica, acabou sendo prejudicada pela falta de interação do conhecimento estrutural com a intenção arquitetônica de Lucio. Isto não só pela limitação natural de projetistas que desenvolvem uma obra inédita e arrojada, como também pelo prazo exíguo necessário para inauguração da nova capital. Lucio sempre recomendou aos responsáveis pelo desenvolvimento de seu Plano Piloto que considerasse a urgência dos prazos (Braga, 2010). A demora na execução da obra, contudo, não justificou a opção por soluções mais simples e econômicas.

Hoje, com o auxílio do computador em todas as fases de projeto, a limitação de prazo não seria um empecilho para uma melhor adequação da intenção arquitetônica com a racionalidade técnica da obra. As novas tecnologias de fabricação e montagem, e as melhores propriedades dos materiais utilizados em estruturas metálicas também favoreceriam a execução da proposta inicial presente no Relatório do Plano Piloto.

Com Le Corbusier, Lucio aprendeu a se apaixonar pelo urbanismo, e apesar de estar a frente do seu tempo quando fez o croqui de arquitetura da Torre, fez prevalecer a importância urbanística do prédio e a necessidade de telecomunicações da cidade.

Porém, mesmo sem a presença marcante da estrutura metálica, admirada mais pelo desafio à altura do que por sua arquitetura, o espaço arquitetônico criado por Lucio no Pavimento Térreo da Torre de TV teve a sua monumentalidade aceita de imediato pela população, que antes mesmo da inauguração do prédio, transformou o local na grande praça de convívio e encontro da nova capital.

3 A construção da Torre de Brasília

3.1 Introdução

Este capítulo mostra a história da construção da Torre, iniciada em 1960 com o contrato para execução das fundações e da estrutura de concreto armado. Apresentam-se também dados técnicos da obra, informações sobre a ampliação de sua parte metálica e os contratos para manutenção do prédio. Os levantamentos foram feitos a partir de entrevistas com profissionais ligados a obra e por meio de periódicos da época, e foi mostrada com a intenção de se manter a linha do tempo.

3.2 A obra

A Torre de Rádio e Televisão de Brasília é uma edificação de estrutura mista: possui uma base em concreto armado e uma estrutura metálica fabricada e montada pela CSN – Companhia Siderúrgica Nacional. A execução da estrutura de concreto armado foi iniciada e finalizada em 1960 (Figura 79) e ficou praticamente abandonada até o primeiro semestre de 1964, quando foram reiniciados os trabalhos com a criação do 4º Escritório de Obras da Diretoria de Edificações da Novacap – Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (Novacap, Arquivo DITEC-DE Nº 1242, 1º Volume, FL 001370).

Segundo o relatório encaminhado em junho de 1964 ao chefe do 1º Distrito de Obras da Novacap pelo engenheiro Jorge Vieira Palma, responsável pela montagem da estrutura metálica:

“A torre de televisão projetada no centro de Brasília, em uma praça magnificamente situada no Eixo Monumental, nas proximidades do Setor de Rádio e Televisão, teria como principal finalidade reunir em um só ponto e elevar de acordo com a necessidade técnica todas as antenas das emissoras de televisão de Brasília, tal como acontecia em todos os modernos centros do mundo” (Novacap, Arquivo DITEC-DE Nº 1242, 1º Volume, FL 001368).

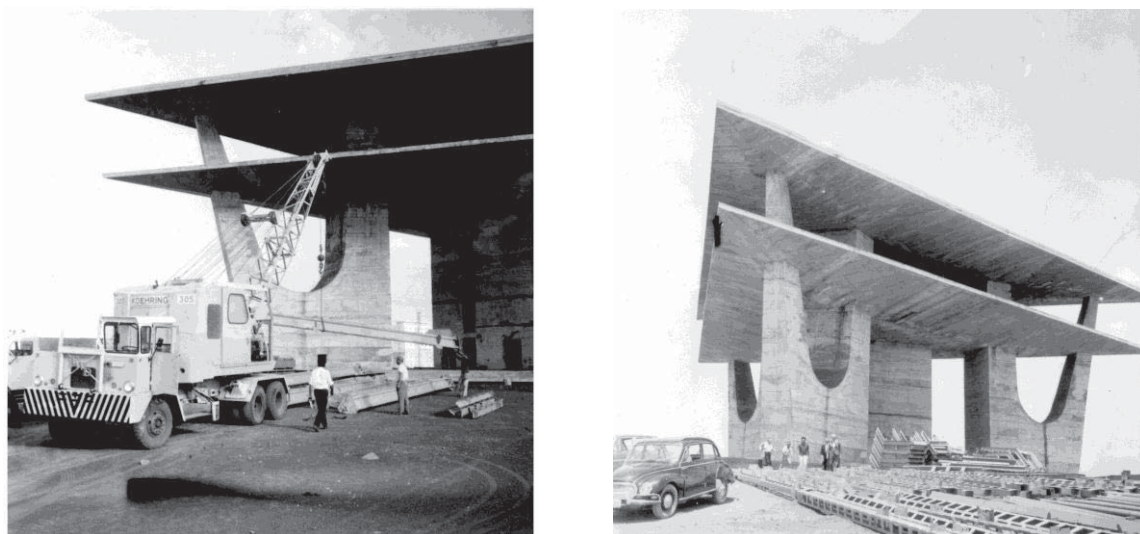


Figura 79 – Estrutura de concreto armado da Torre (Fonte: ArPDF, Nº:1540 e 1543, Conteúdo: Construção da Torre de TV).

A estrutura de concreto armado da torre (Figura 79) possui área total de construção de 2.000m^2 , e três pavimentos: o subsolo, o piloti e o pavimento superior. No subsolo foram destinadas áreas para implantação das estações transmissoras de rádio e televisão, dos escritórios de administração do prédio, da casa de máquinas e dos sanitários públicos (Novacap, Arquivo DITEC-DE Nº 1242, 1º Volume, FL 001368).

O piloti do prédio destina-se ao livre uso da população e por ela é feita o acesso ao pavimento superior através de três elevadores e escada, onde em uma altura de 20m, foi previsto a construção de dois restaurantes com visão panorâmica da cidade, aumentando ainda mais o caráter funcional da edificação (Novacap, Arquivo DITEC-DE Nº 1242, 1º Volume, FL 001368).

Na elaboração do projeto da torre foi previsto a colocação de antenas para cinco canais de televisão, além de paraboloides para micro-ondas e antenas de VHF. Seu projeto inicial atingia uma altura de 217m, composta por uma base de concreto armado de 25m na qual se apoiaria uma estrutura metálica com mais 192m de altura e peso de 360 toneladas. Após sua conclusão, a torre alcançaria a cota 1.337m, a mais alta da cidade (Novacap, Arquivo DITEC-DE Nº 1242, 1º Volume, FL 001354).

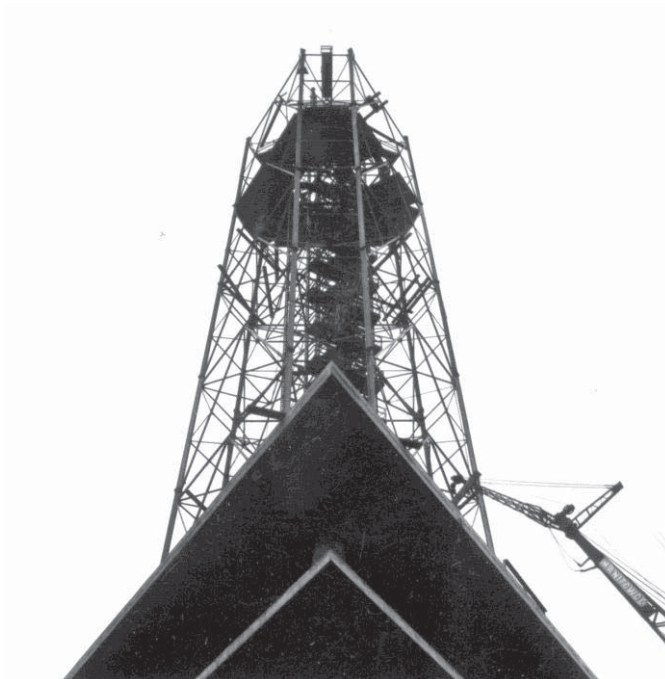


Figura 80 – Montagem do mirante de visitação pública (Fonte: ArPDF, N°:1546, Conteúdo: Construção da Torre de TV).

Os serviços de fornecimento e montagem da estrutura metálica (Figura 80) desenvolvidos pela CSN foram iniciados em outubro de 1964 e concluídos em junho de 1965. E para aproveitar a excelente localização da torre na cidade, foi projetado um mirante para visitação do público a 75m de altura, atendido por uma escada e por um elevador com capacidade para vinte e três pessoas (Novacap, Arquivo DITEC-DE N° 1242, 1º Volume, FL 001355/001363).

3.3 Dados técnicos

A obra da Torre de TV, localizada no eixo monumental de Brasília, teve início em 1960 e término em 15 de abril de 1967. Sua construção foi desenvolvida em duas fases distintas: a primeira, para a execução da fundação e da estrutura de concreto armado, foi feita em regime de empreitada total de material e mão-de-obra, e a 2ª, para a montagem da estrutura metálica e serviços de acabamentos, foi contratada por administração direta da Novacap através do 4º Escritório de Obras do 1º Distrito de Obras da Diretoria de Edificações (Novacap, Arquivo DITEC-DE N° 1242, 1º Volume, FL 001355).

O projeto da Torre de TV foi concebido por Lucio Costa durante o concurso para o Plano Piloto de Brasília. Sua arquitetura foi posteriormente desenvolvida pela diretoria de urbanismo da NOVACAP, sob a coordenação do próprio Lucio. Para desenvolver a estrutura de concreto armado foi contratado o escritório de Joaquim Cardozo e a estrutura metálica foi de responsabilidade do engenheiro Paulo Fragoso.

A primeira fase da obra foi executada pela empresa Leomar Freire S/A Engenharia e Comércio (Figura 81), que subcontratou a empresa Estacas Franki para execução das fundações.

A segunda fase da construção, feita através de contratos por empreitadas parciais administradas diretamente pela Novacap e sob a responsabilidade do engenheiro Jorge Vieira Palma, chefe do 4º Escritório de Obras, contou com as seguintes empresas colaboradoras (Novacap, Arquivo DITEC-DE Nº 1242, 1º Volume, FL 001366/001367):

- a) Fabricação e montagem da estrutura metálica com peso de 360 toneladas: CSN Companhia Siderúrgica Nacional de Volta Redonda;
- b) Fornecimento e montagem dos elevadores: Indústrias Villares S/A;
- c) Fornecimento e montagem das esquadrias metálicas: Irmãos Pugliese S/A;
- d) Fornecimento e montagem das esquadrias de madeira: Serraria Brasileira Irmãos Rodopoulos Ltda;
- e) Fornecimento e montagem dos vidros: CVB Brasília;
- f) Pintura: Probal Comércio e Indústria S/A;
- g) Serviços de impermeabilização: CAVO Companhia Auxiliar de Viação e Obras;
- h) Execução dos serviços de revestimentos: Sociedade Brasileira de Alvenaria e Revestimento Brasília Ltda.

3.4 A montagem da estrutura metálica

A obra da Torre de Televisão de Brasília se iniciou com a execução da base de concreto armado que foi concluída em 1960 pela empresa Leomar Freire S/A Engenharia e Comércio.

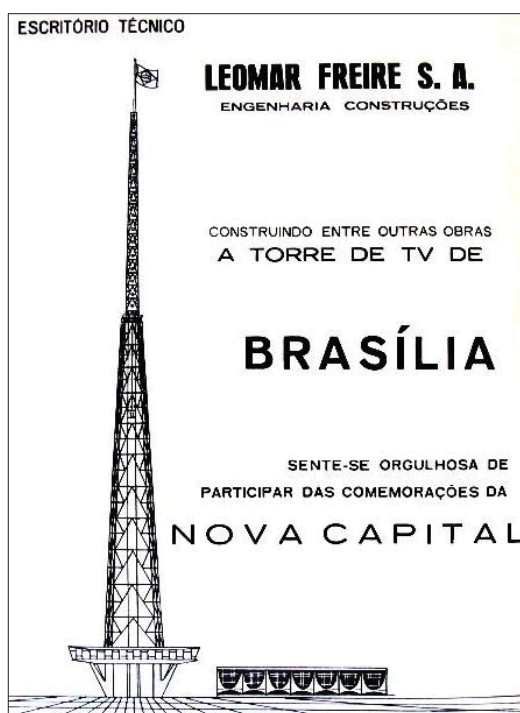


Figura 81 – Propaganda da Leomar Freire para inauguração de Brasília (Fonte:ArPDF)

Após um abandono de quase quatro anos, fruto inclusive das mudanças políticas no Brasil, sua construção é retomada no segundo semestre de 1964, a partir de um programa desenvolvido pela Novacap para conclusão das obras de Brasília.

A Novacap empreitou com a CSN - Companhia Siderúrgica Nacional os serviços de fornecimento, fabricação e montagem da estrutura metálica. Os serviços de foram iniciados em junho de 1964 e a montagem foi finalizada em junho de 1965, sob a responsabilidade do engenheiro Jorge Vieira Palma, encarregado de concluir a obra pelo então presidente da Novacap Sr. Evaristo Daltro.

O jornal Correio Braziliense publicou em 19/6/1964 na sua capa a seguinte notícia em manchete:

“Dentro de oito meses deverá estar totalmente concluída a Torre de Televisão de Brasília, sendo um dos pontos de maior atração da Capital, e devendo ser

dotada de modernas instalações, a famosa Torre terá ainda um restaurante, um mirante há mais de cem metros de altitude de onde se dominará todo o Plano Piloto.” A expectativa da população então, era da entrega total da obra nos primeiros meses de 1965. A reportagem interna do jornal continuava: “Para o prosseguimento dos serviços da torre foi constituído um Grupo de Trabalho presidido pelo engenheiro Jorge Vieira Palma, que coordena as obras de montagem com a Cia. Siderúrgica Nacional e demais departamentos da Novacap. [...]. A torre propriamente dita já se encontra em Volta Redonda em fase experimental, fato que atrasou em trinta dias a chegada da estrutura a Brasília, mas que abreviará muito o prazo total da montagem, uma vez que todas as imperfeições e defeitos serão corrigidos na própria Siderúrgica. [...] O engenheiro espera que dentro de três meses a torre estará montada até o mirante e depois de mais cento e oitenta dias estará concluída toda a obra.”

Apesar das restrições constantes do Plano de Contensões de Despesas do Governo Federal, as autoridades do Distrito Federal prometem a conclusão das obras de Brasília, conforme relatado pelo jornal Correio Braziliense em 8/7/1964:

“As obras mais importantes da NOVACAP e que, se concluídas representariam a consolidação definitiva de Brasília, foram visitadas na manhã de ontem pelo prefeito, presidente e diretores da Companhia Urbanizadora e técnicos. Os senhores Plínio Cantanhede e José Luiz Pinto Coelho de Oliveira estiveram vistoriando as obras do anexo da Câmara dos Deputados, Setor Comercial Sul, Setor de Diversões, Torre de Televisão, Estação de Tratamento D’água, Obras do Setor Militar e Unidades Integradas de Saúde.”

Em carta destinada à Cia Urbanizadora da Nova Capital (FEM-317/64), referente à encomenda FEM-60058, a Companhia Siderúrgica Nacional informa em 12 de agosto de 1964 o início dos embarques da estrutura metálica da Torre de Televisão de Brasília, conforme contrato firmado entre as partes em 11 de março de 1964. (Novacap, Arquivo DITEC-DE N° 1242, 1º Volume, FL 001536).

Antes mesmo da assinatura do contrato, a Companhia Siderúrgica Nacional já havia fabricado cerca de 40% das 360 toneladas totais de material. O pedido seria

faturado conforme a data de fabricação dos elementos estruturais e foram divididos em quatro grupos (Novacap, Arquivo DITEC-DE Nº 1242, 1º Volume, FL 001530):

- a) 130,470 toneladas fabricadas entre 10.11.60 e 10.9.61;
- b) 14,736 toneladas fabricadas entre 11.9.61 e 30.1.62;
- c) 58,836 toneladas fabricadas entre 11.3.64 e 31.7.64;
- d) 155,958 toneladas fabricadas a partir de 1.8.64.

Em 14 de agosto de 1964, o jornal Correio Braziliense publica que a torre de TV terá a montagem iniciada em breve: *“A estrutura metálica da Torre de Televisão de Brasília terá sua montagem iniciada nesses próximos dias. Grande parte do material já se encontra no local.”* E no dia 11 de setembro de 1964, o Correio Braziliense em uma pequena matéria, diz que em cinco dias será iniciada a montagem da estrutura metálica da torre, e que seu retardamento veio em função da demora da chegada dos parafusos de alta tensão que não foram fabricados pela CSN.

Em seu plano inicial, exposto pelo chefe da obra engenheiro Jorge Vieira Palma, a montagem da estrutura metálica da Torre de Televisão deveria atingir os 75m de altura, onde se localiza o mirante de visitação pública, em outubro de 1964, como parte da programação da visita a Brasília do General De Gaulle, o então presidente da França. A entrega total da estrutura metálica totalizando os 217m da edificação foi inicialmente prevista para o 5º aniversário da cidade no dia 21 de abril de 1965, inclusive com a abertura dos elevadores para os visitantes da Torre.

O sentimento da imprensa e da opinião pública na época em relação à montagem da estrutura metálica da Torre de Televisão e ao ritmo adotado nas obras são bem demonstrados na reportagem publicada na página 8 do Correio Braziliense de 3/10/1964:

“O ritmo que se está adotando no desenvolvimento das obras da Torre de Televisão não oferece, nem de longe, condições para que a imprensa e a opinião pública de Brasília possam fazer uma previsão de quando estará a Capital usufruindo desse importante melhoramento. [...] Frustram-se, assim, as esperanças da população da Capital de possuir nos próximos meses uma Torre de Televisão comparável a pouquíssimas no mundo inteiro, revelando-se, então, como obra imprescindível a todas as camadas, pelos seus

objetivos sociais, culturais, técnicos e arquitetônicos. A verdade é que os trabalhos na Torre de Televisão se desenvolvem com uma morosidade estarrecedora. [...] Da visita do General Charles De Gaulle a Brasília, constava, nos estudos iniciais, uma visita ou mesmo uma ligeira passagem pela Torre, a fim de verificar a imponência de uma obra construída com recursos nacionais. E para lembrar, também, a sua Eiffel distante. Todavia, o General vai chegar nos próximos dias e tudo que estava previsto para mostrar-lhe ficou, apenas, em planos da boa-vontade de algum entusiasta da Capital da República. [...] O fato revoltante, naturalmente, é que neste passo de tartaruga, Brasília somente terá sua Torre de Televisão daqui a muitos anos”.

Segundo Sérgio Porto²⁸, arquiteto do departamento de urbanismo da Novacap durante os primeiros anos da construção de Brasília, um erro de locação do elevador do mirante da Torre de TV provocou atrasos no início da montagem da estrutura metálica. Porto fazia parte da equipe que trabalhava, sob a orientação de Lucio Costa, no detalhamento do projeto da Torre de TV. Foi dele o primeiro desenho de compatibilização da Torre, considerando os elementos estruturais e as instalações dimensionadas.

Para Porto, faltava integração entre os diversos profissionais envolvidos na obra. As informações, muitas vezes, eram obtidas por transmissão de rádio entre o canteiro de obras e o escritório de projetos. Além disso, os prazos para elaboração dos trabalhos eram reduzidos diante do volume de serviço a ser desenvolvido.

A morosidade criticada pela imprensa local foi o assunto da entrevista concedida pelos técnicos: Tomás Álvaro de Figueredo, da Novacap, e Herbert Teichman, montador-chefe da CSN, publicada no jornal Correio Braziliense de 7/10/1964:

“[...] podendo estar totalmente concluída a montagem entre 15 e 20 de março de 1965. Apesar das demoras, dos atrasos, dos descasos de parte não se sabe de quem, o fato é que o representante de Volta Redonda garantiu ontem, à reportagem, que tudo isso será coberto e a Tôrre estará

²⁸ Conforme entrevista concedida ao autor em dezembro de 2008.

concluída em março e, no tocante à parte de obras civil, é possível que esteja pronta no dia do 5º aniversário da Capital da República. [...] o senhor Herbert Teichman destaca a fabricação de parafusos especiais que serão utilizados na construção, segundo os técnicos, parafusos de alta resistência, fabricados pela primeira vez no Brasil, em São Paulo, e que demoraram em testes e experiências, para serem finalmente aprovados. [...].

No dia 15 de outubro de 1964, os funcionários da CSN iniciaram a montagem do “Derick”, estrutura auxiliar de sessenta metros de altura utilizada para elevar e aprumar as peças iniciais e mais pesadas da Torre de Televisão (Figura 82). Após essa primeira etapa, ele seria desmontado e substituído por um guindaste com lanças mais leves, fixado na própria estrutura da Torre (Correio Braziliense, 15/10/1964).

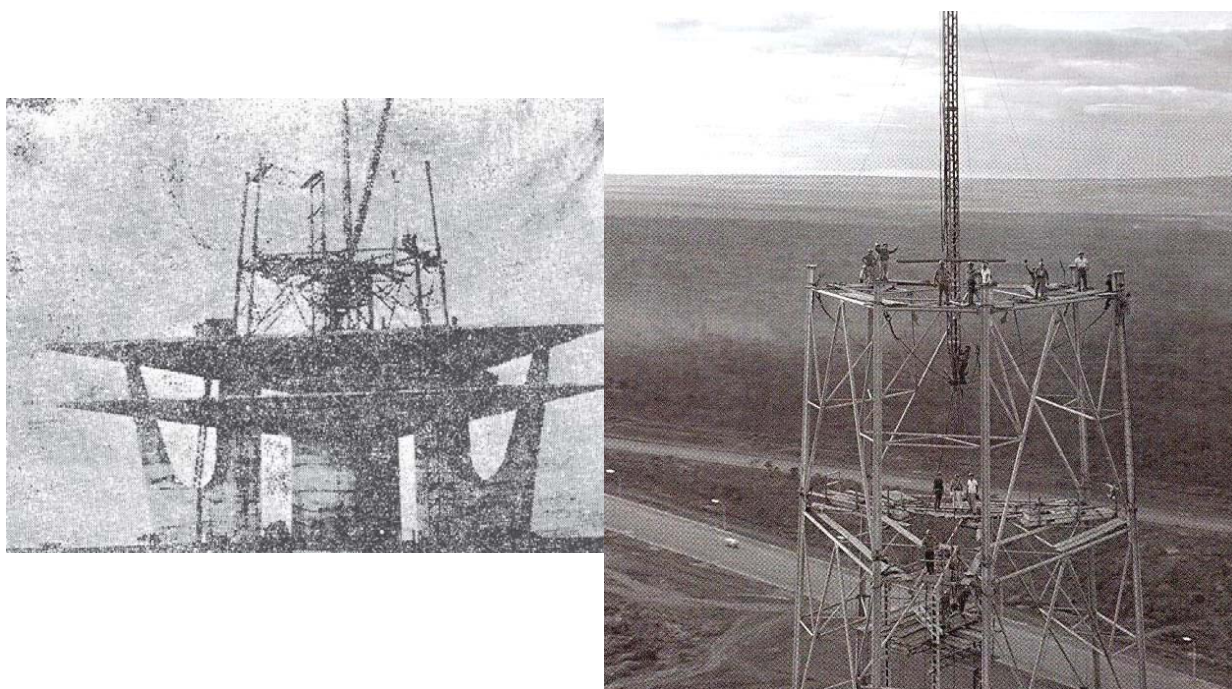


Figura 82 – Detalhe do sistema de montagem da estrutura metálica da Torre (Fontes: [a] Correio Braziliense, Brasília, 5/11/1964 e [b] Wesely, 2010)

Em solenidade especial (Figura 83), às 9h do dia 20 de outubro de 1964, o prefeito de Brasília Sr. Plínio Cantanhede colocou a porca do primeiro chumbador da Torre, dando início à montagem da estrutura metálica que prosseguiria, conforme

prometido pelos técnicos da CSN, em ritmo acelerado, com uma equipe de quarenta funcionários trabalhando cerca de 10h por dia (Correio Braziliense, 20/10/1964).

Após três dias de trabalho, o jornal Correio Braziliense de 23 de outubro de 1964 acompanhou o serviço de montagem da estrutura metálica da torre da seguinte forma:

“À medida que os dias passam, a Torre de Televisão vem tomando novo aspecto, demonstrando assim, que o plano do prefeito Plínio Cantanhede em tê-la pronta dentro de seis meses, poderá se tornar realidade. Já estão montadas quatro das seis colunas que sustentarão a estrutura, como também já está pronto o seu travamento periférico”.

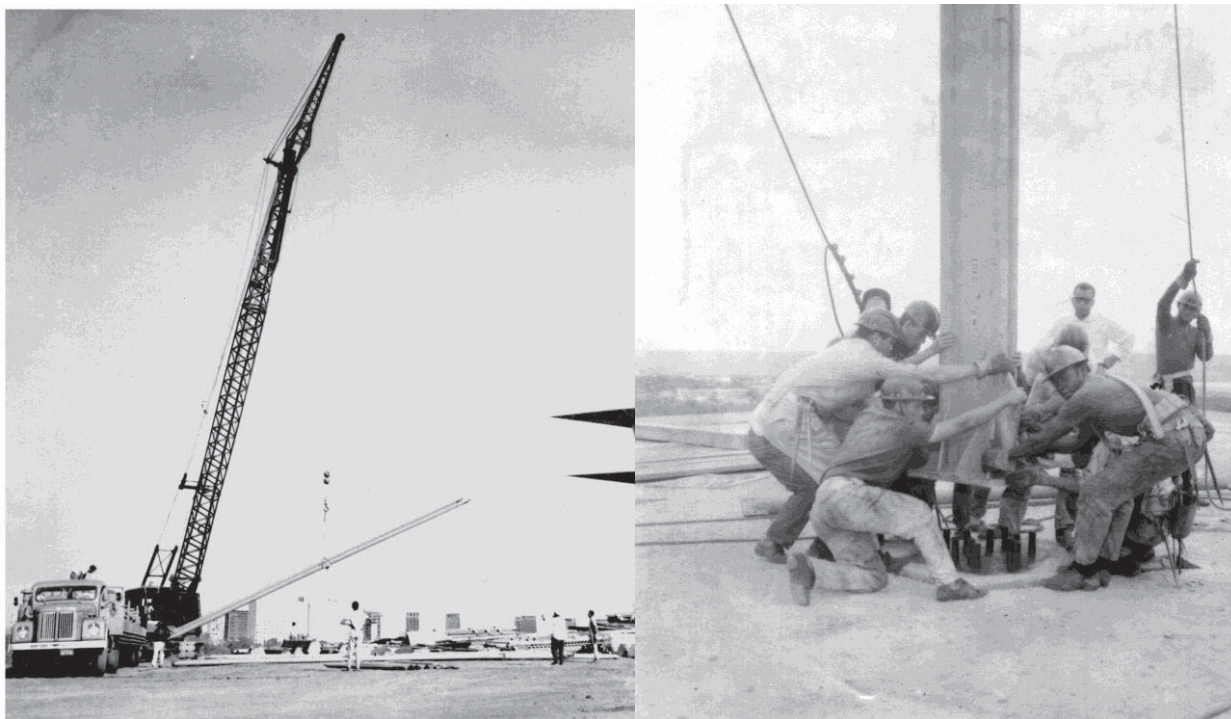


Figura 83 – Início da montagem da estrutura metálica da Torre de Televisão (Fonte: ArPDF, Nº:1537 e 1532, Conteúdo:Construção da Torre de TV).

No dia 5 de novembro de 1964 (Figura 85), quinze dias após o início da montagem, a estrutura metálica da Torre de Televisão já alcançava a altura de 10m, e apesar das chuvas que desabavam na cidade, a equipe da CSN continuava empenhada em atingir a altura de 25m no dia 25 de dezembro de 1964. (Correio Braziliense, 5/11/1964).

No Natal do ano de 1964 (Figura 84), a Torre de Televisão receberia a sua primeira iluminação comemorativa, descrita pela imprensa como uma das mais atraentes alegorias do Brasil:

“[...] a grande árvore luminosa de Natal da capital da República. Essa árvore de Natal, quando a grande construção está apenas em seu quarto lance, dá a ideia das proporções que terá a Torre em 21 de abril do próximo ano, ocasião da sua inauguração como parte das solenidades do quinto aniversário de Brasília. [...]” (Correio Braziliense, 25/12/1964).

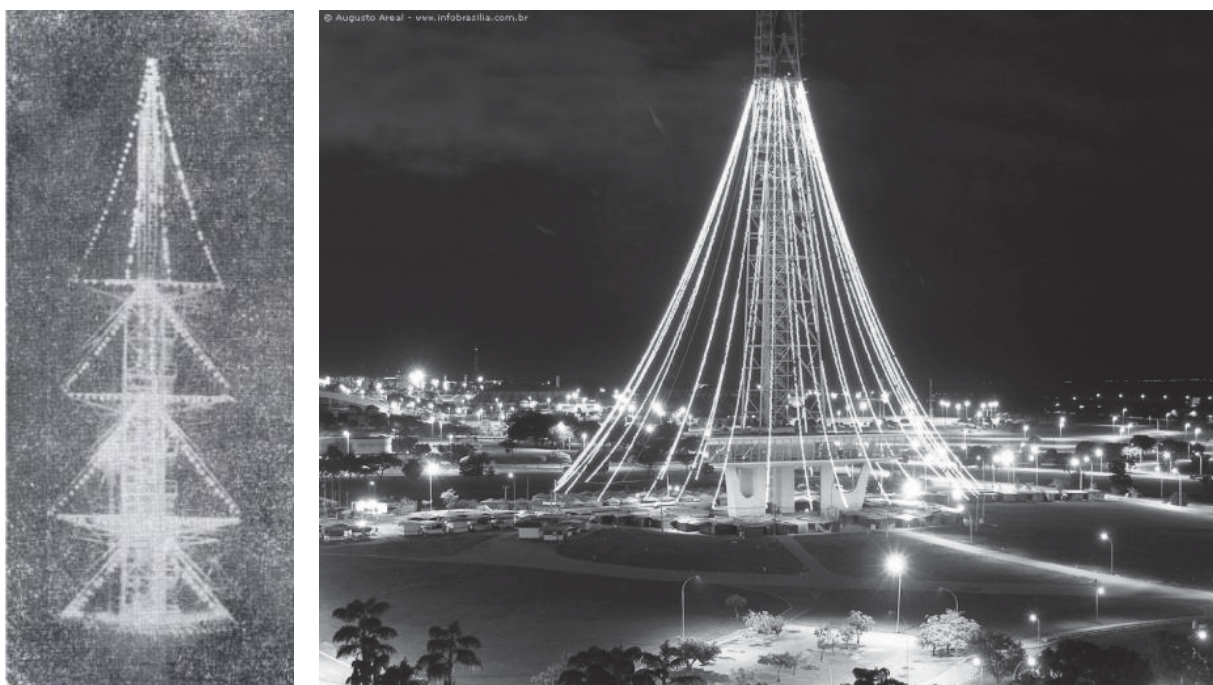


Figura 84 – Primeira decoração natalina instalada na Torre (Fonte: Correio Braziliense, Brasília, 25/12/1964) e nova decoração feita no Natal de 2005 ²⁹.

No início de 1965, a população da cidade já vislumbrava o término da montagem da estrutura metálica, conforme descrito na edição do dia 16 de fevereiro de 1965 do jornal Correio Braziliense, que enaltece a relação da Torre, como maior monumento da cidade, e a televisão:

²⁹ Fonte Disponível em: www.geocities.com, acesso em 7/9/2009.

“Brasília a cidade de tantos símbolos (Palácio da Alvorada, Congresso, catedral, etc), já conhecidos em todo o mundo, vai ganhar no seu 5º aniversário um novo símbolo: a Torre de TV. O único monumento de Brasília projetado pelo autor do Plano Piloto, Lúcio Costa, estará concluído em abril, com seus 220 metros de altura e sua estrutura mixta de concreto e aço. Até nesse ponto ressalta a importância da televisão na Capital da República: o seu maior monumento será exatamente a Torre de TV”.

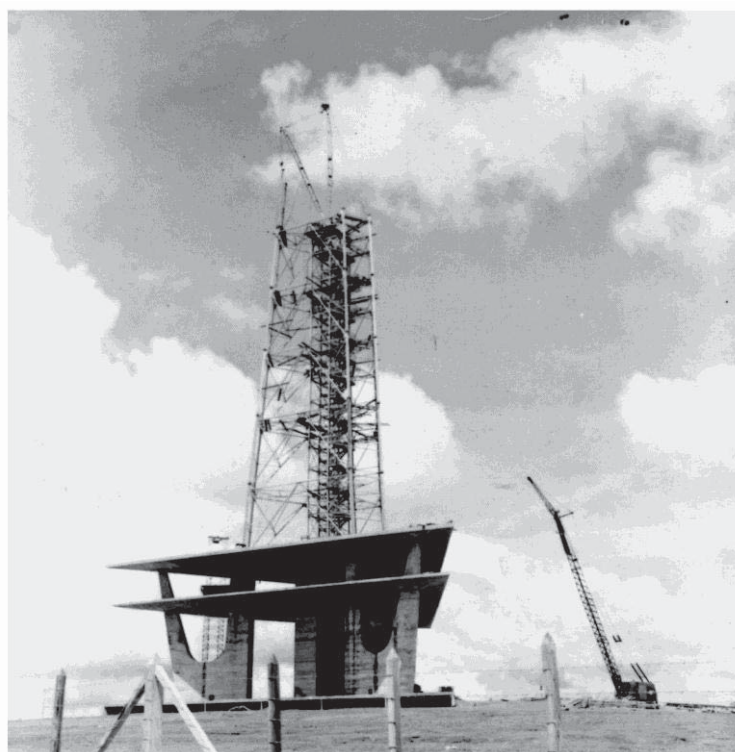


Figura 85 – Sequência da montagem da estrutura metálica da Torre (Fonte: ArPDF, Nº:1538, Conteúdo:Construção da Torre de TV).

No dia 6 de março de 1965 é retirado o “derick” da Torre de Televisão, utilizado como elemento auxiliar para levantar e aprumar duzentas e dez toneladas de aço das trezentos e sessenta que iriam fazer parte da estrutura metálica da Torre (Figura 85). O sistema foi substituído por um guincho alimentador tipo “*Chicago Boom*” e pelo guincho de montagem “*Baskec Boom*”:

[...] “Com peças mais leves os trabalhos prosseguirão em ritmo mais rápido, sendo possível que a Torre esteja toda montada para o quinto aniversário de Brasília”. (Correio Braziliense, 6/3/1965).

O mirante da Torre foi concluído, já com a plataforma de aço assentada, no dia 2 de abril de 1965. Montado a oitenta metros da base da Torre, o mirante permitia ao visitante ver toda a cidade: a asa sul quase toda urbanizada e a asa norte com seus blocos isolados (Correio Braziliense, 2/4/1965).

Contudo, no dia 21 de abril de 1965, quinto aniversário de Brasília, a montagem da Torre tinha atingido apenas a marca dos 100 metros de altura. Decidiu-se então pela abertura do mirante localizado a 75m: uma plataforma de aço protegida por um parapeito metálico revestido por uma tela também de aço para visitação pública.

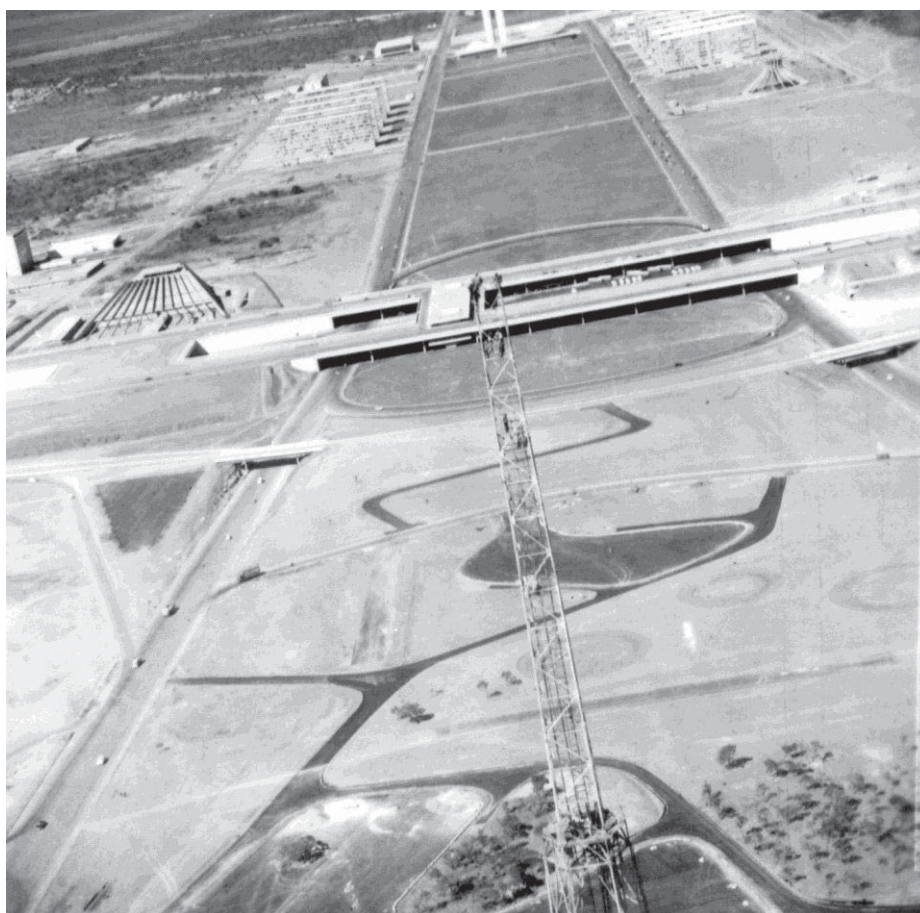


Figura 86 – Vista da cidade do alto da Torre em Junho de 1965 (Fonte: ArPDF, N°:1551, Conteúdo: Construção da Torre de TV).

Uma iluminação festiva instalada na Torre e uma bela queima de fogos fizeram parte da inauguração do local. Continuavam também de forma intensa os trabalhos de preparação do terreno onde se localizariam os estacionamentos para os carros e o paisagismo do prédio.

No mirante da Torre foram instalados binóculos de grande alcance para que o visitante pudesse observar o panorama da cidade. A visitação era gratuita e atendida por apenas um elevador. Até o início de junho de 1965 cerca de 500 pessoas já tinham subido no mirante da Torre (Correio Braziliense, 23/4/1965).

No dia 2 de junho de 1965 (Figura 86), ainda faltavam quinze metros para chegar a altura final da estrutura: *“Oscila um metro e meio a Torre de Brasília, que já alcança 195 metros metros de altura, [...] Para sua inauguração definitiva existe uma comissão encarregada dos preparativos e a Novacap providencia, no momento, a terraplenagem da área circundante para posterior ajardinamento. Mesmo assim, cerca de 500 pessoas já visitaram o mirante para gozar a paisagem da cidade vista da Torre”* (Correio Braziliense, 2/6/1965).

Na manhã do dia 7 de junho de 1965 o prefeito Plínio Cantanhede colocou o último dos 15.000 parafusos da Torre de Televisão (Figura 87). Estava dessa forma, após 235 dias de obra, totalmente montada a estrutura metálica da Torre, alcançando assim os seus 217m de altura.

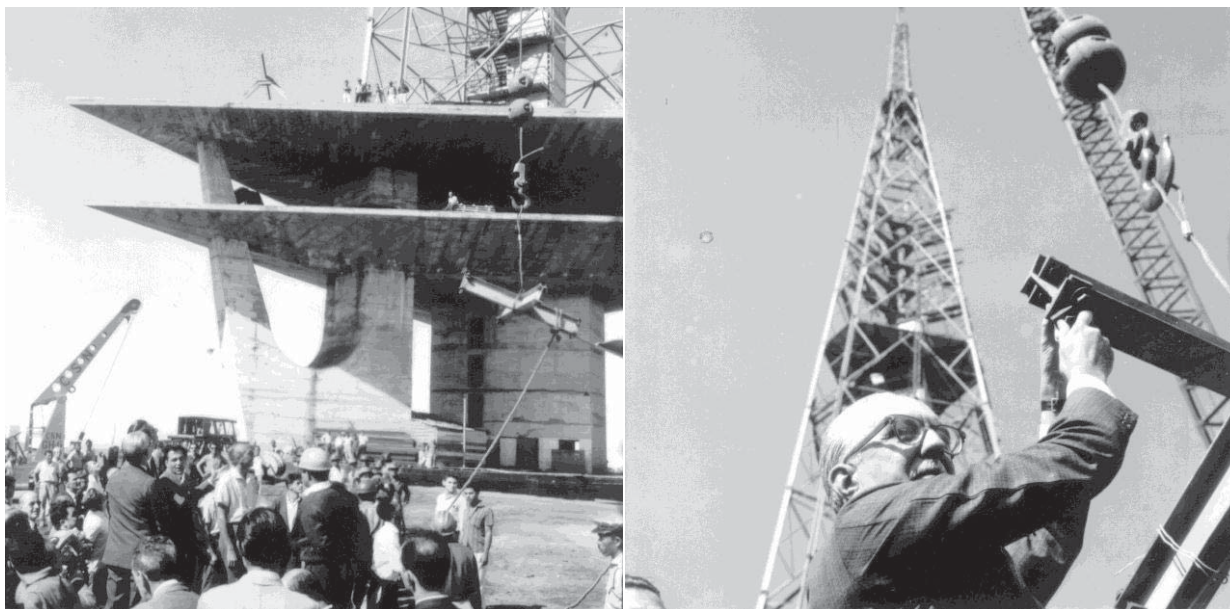


Figura 87 – Montagem final da estrutura metálica da Torre (Fonte: ArPDF, Nº:1557 e 1556, Conteúdo: Construção da Torre de TV).

O ato do prefeito teve característica solene, onde compareceram diversas autoridades, destacando-se o presidente da Novacap, o engenheiro José Luiz Pinto Coelho, o Secretário de Serviços Públicos, o engenheiro Lucílio Briggs de Brito, o

engenheiro Jorge Vieira Palma, responsável pela montagem da obra e vários engenheiros da CSN (Figura 88) vieram especialmente para o ato (Correio Braziliense, 8/6/1965). Não há relatos na imprensa local da época de algum acidente durante as obras da Torre de TV.

Até o dia 9 de agosto de 1965, 22.480 pessoas tinham visitado o mirante da Torre de Televisão de Brasília, que se constituiu desde a sua inauguração num dos pontos turísticos mais importantes da cidade. Só no domingo anterior, 1.100 pessoas visitaram a Torre e no sábado, lá estiveram 300 turistas (Correio Braziliense, 10/8/1965).

O termo de recebimento dos serviços de montagem da estrutura metálica da Torre de TV de Brasília, porém, só foi emitido no dia 22 de setembro de 1967. Os representantes de uma comissão da Novacap, presidida pelo engenheiro Newton Jacinto de Almeida, compareceram ao local da obra e consideraram concluídos os serviços objeto do contrato DJ/AJ-41/64, firmado em 11 de março de 1964, atestando que os trabalhos foram feitos obedecendo as instruções, planos e projetos fornecidos pela contratante. A CSN foi representada pelo engenheiro Flavio Pentead Parkinson (Novacap, Arquivo DITEC-DE Nº 1242, 1º Volume, FL 45/46).



Figura 88 – Placa Comemorativa do Fim da Montagem da Torre (Fonte: Autor)

Em 1972, sete anos após sua inauguração a Torre torna-se um ponto obrigatório de turistas. Com dois elevadores com capacidade para transportar 23 pessoas cada, dois mil turistas visitavam em média o mirante da Torre de Televisão durante os

finais de semana em Brasília, caindo esse movimento para oitocentos visitantes nos dias úteis (Correio Braziliense, 14/11/1972). Em 1988, a Torre continuava como o ponto turístico mais frequentado da capital, alcançando o número de 313.000 visitantes no ano (Correio Braziliense, 9/4/1989).

3.5 A expansão da Torre

Em 1986, uma equipe de técnicos formada pelos engenheiros José Manoel Morales Sánchez e José Humberto Matias de Paula, coordenados pelo engenheiro Rodney Farah³⁰, foi contratada pela Novacap para realizar a análise da estrutura da Torre de TV de Brasília, visando ampliar sua altura em 6,0m para a instalação da antena da TV Bandeirante. Alguns reforços foram propostos e executados em elementos estruturais localizados nos trechos II e III da Torre.

O transporte da antena de 370 quilos foi feita com o auxílio de um helicóptero (Figura 89), modelo anfíbio S61N com prefixo PT HJK, utilizado pela Petrobrás nas operações das plataformas de petróleo da bacia de Campos, tinha capacidade para transportar 26 passageiros e 4 tripulantes. A equipe contratada para realizar a operação era especializada em montagem de torres, o corpo de Bombeiros e a Polícia Militar foram mobilizados para garantir a segurança, isolando toda a área em volta da Torre de TV (Correio Braziliense, 1/10/1986).

O comandante Carlos Alberto Krieger, na época com 14 anos de profissão, foi o piloto do helicóptero durante a operação. Além de trabalhar no transporte de peças para a plataforma submarina de Campos, Krieger já havia participado de uma montagem semelhante em 1982, durante a ampliação da antena da TV Record em São Paulo para transmissão a Copa do Mundo de Futebol (Correio Braziliense, 1/10/1986).

³⁰ Conforme informação fornecida pelo professor José Manoel Morales Sánchez, engenheiro participante da equipe técnica de avaliação da expansão da Torre em 1986.

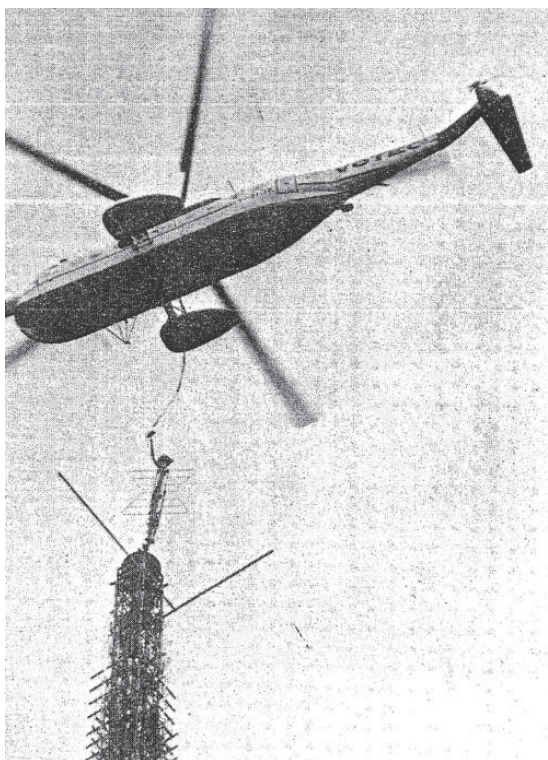


Figura 89 – Montagem da antena da TV Bandeirantes (Fonte: Correio Braziliense, Brasília, 1/10/1986)

A montagem final da antena foi feita no dia 1 de outubro de 1986, após um mês de estudos e tentativas:

“No local onde a antena seria encaixada foi feito um funil de 1,30m de diâmetro para que a estrutura escorregasse até encontrar seu encaixe. Na primeira tentativa – às 14h – a peça que teria que entrar justa, ficou engasgada na boca do funil, já que havia resíduos de solda no local. O comandante, então, voltou com a antena para o solo e regressou ao aeroporto para reabastecer. Voltou às 16h30 quando a boca do funil já havia sido reparada. Após algum tempo perdido na limpeza da borda da antena que sofrera danos na primeira tentativa, a peça foi içada. Antes de conseguir encaixá-la, o comandante Krieger, assessorado pelos colegas Fernando Brandão e Bragança, teve de aproximar-se e afastar-se da Torre várias vezes. Numa das aproximações conseguiu colocar a antena na boca do funil, mas esta tombou, obrigando-o a subir novamente. A operação foi acompanhada por um engenheiro no alto da Torre e pelo responsável da parte técnica, Rodney Farah, que ficara na pista” (Correio Braziliense, 1/10/1986).

3.6 Avaliações e manutenções da Torre

Em 1991, a empresa CPC – Construções e Processos Científicos Ltda foi contratada pela Novacap para elaborar um laudo técnico sobre as condições da estrutura metálica da Torre de TV de Brasília (Novacap, Arquivo DITEC-DE Nº 1242, 1º Volume).

Um levantamento feito “in loco” de todas as barras e conexões da estrutura metálica da Torre, concluiu que havia uma total fidelidade das peças montadas com o detalhamento do projeto original. E após medições de eventuais reduções de seção, o relatório verificou que algumas cordas do trecho II sofreram um ataque mais acentuado de oxidação, porém, ainda sem comprometer o conjunto.

Como recomendação geral, toda a região de apoio das chapas de piso dos patamares intermediários até a cota do mirante, deveria ter suas juntas calafetadas com massa a base de silicone para eliminar a infiltração e o acúmulo de água. Eram esses os locais vistoriados com maior manifestação de oxidação.

Durante a vistoria, foram observados alguns cortes por solda nas chapas dos entrepisos intermediários para passagem de dutos de instalação, feitos como indicado no relatório, sem nenhum critério técnico. Na altura de 95m acima do teto do restaurante foram detectadas algumas diagonais horizontais amassadas, possivelmente por algum impacto durante a montagem de algum equipamento de telecomunicação.

O relatório concluía que todas essas correções deveriam ser executadas de imediato, além da recuperação das peças corroídas, remoção da pintura nos locais comprometidos e lixamento das demais peças estruturais da Torre de modo a receber nova pintura de acabamento. Para tal, foram fornecidas duas opções: ou com tinta à base de borracha clorada, mais adequada por ser compatível com o tratamento existente e mais duradoura, ou com esmalte sintético (Novacap, Arquivo DITEC-DE Nº 1242, 1º Volume).

Houve uma recomendação expressa para retirada de todos os refletores de alumínio durante o processo de pintura. Antes de recolocá-los, foi sugerida a instalação de uma película isolante na região de contato do refletor com os elementos estruturais,

para prevenir algum possível processo de corrosão galvânica. Foi também observada a total falta de espaço físico para instalação de novas antenas. O laudo apresentou um desenho da Torre indicando o posicionamento de todas as antenas existentes.

Diante disso, em 1994, foi aberta licitação pela Novacap para execução da reforma da Torre de TV, incluindo serviços de recuperação e pintura da estrutura metálica, execução de sanitários no subsolo, bilheteria, grades e recuperação da cobertura do poço do elevador. A obra foi concluída em 1995 pela Dan-Hebert Construtora, sendo utilizada uma pintura à base de esmalte sintético na estrutura metálica da Torre (Novacap, Arquivo DITEC-DE Nº 1242, 1º Volume).

Em agosto de 2006, a empresa Sonda Engenharia SA, conforme contrato nº502/2006 estabelecido com a Novacap (Novacap, Arquivo DITEC-DE Nº 1242, 2º Volume), entregou o seu relatório final sobre os estudos de dinâmica estrutural realizados na Torre de TV de Brasília.

O trabalho foi realizado de acordo com as seguintes etapas:

- 1) Medições de campo de vibrações com equipamento Pias (Portable Integrity Assessment System) em pontos pré-selecionados na estrutura;
- 2) Análise dos dados através de programas especiais de tratamento de sinais digitais e obtenção dos espectros;
- 3) Elaboração de modelo matemático da estrutura através de programa de computador de dinâmica estrutural;
- 4) Calibração do modelo;
- 5) Uso do modelo para identificar danos estruturais e o comportamento da estrutura.

A conclusão do relatório apresentou que a resposta estrutural da torre é muito grande, especialmente sob ventos fortes, existindo risco a partir de uma velocidade do vento de 15 m/s, bem abaixo da velocidade básica de vento para região do Distrito Federal, definida em 35 m/s.

A empresa sugeriu a necessidade de medidas urgentes envolvendo os seguintes itens:

- 1) Necessidade de reduzir a resposta estrutural da torre, através da elaboração de um projeto detalhado a ser realizado por empresa especializada, com o uso de um modelo matemático não linear para a estrutura;
- 2) Modificações nos sistemas de conexão da segunda e terceira parte da torre, para reduzir a resposta em até 50%;
- 3) Uso de amortecedores de vibração instalados na estrutura;
- 4) Instalação de um sistema de medições contínuas de acelerações horizontais na altura de 175 m e também um anemômetro, para permitir a verificação da redução da resposta às ações corretivas e verificar possíveis variações.

Nada foi feito com relação às observações propostas pela Sonda Engenharia SA e em 2009 um novo estudo foi solicitado pela Novacap, de acordo com o Contrato de Prestação de Serviços ASJUR/PRES Nº 740/2009 (Novacap, Arquivo DITEC-DE Nº 1242, 2º Volume) com a Concremat Engenharia e Tecnologia SA, tendo como objeto a necessidade de verificação das condições de segurança, considerando análise estática e dinâmica, e a elaboração de projetos básicos de recuperação estrutural da Torre de Televisão em Brasília-DF.

O relatório da Concremat (Novacap, Arquivo DITEC-DE Nº 1242, 2º Volume) apresentou os seguintes resultados para a estrutura da Torre de TV, considerando os carregamentos do seu peso próprio, das antenas e da ação do vento:

a) Para o Monitoramento Estático:

Em termos de deslocamentos relativos, tem-se que para a velocidade do vento igual a 35 m/s nas análises linear e não linear, o deslocamento no topo igual a 1,33m e 1,36m, respectivamente. Esses deslocamentos não afetam a integridade estrutural da torre.

Em termos de declividade, a condição de inclinação admissível é ultrapassada a partir da velocidade de 30 m/s na base do trecho II.

Em termos de tensões:

- Para ventos com velocidade de até 15m/s, as tensões admissíveis são perfeitamente atendidas.
- Para a velocidade de 25 m/s, apenas as condições limites de serviço são ultrapassadas em algumas barras no final dos trechos II e III, em até 33 % e 15%, respectivamente.
- Para a velocidade de 30 m/s, a condição limite de serviço é ultrapassada em algumas barras na base e no topo do trecho II em cerca de 15% e 89%, respectivamente, e também na base e no topo do trecho III em 48%. Na condição limite de ruptura, apenas no final do trecho III, há um excedente de 17%.
- Para vento de 35 m/s, a condição limite de serviço é excedida na base do trecho II consideravelmente. Já o limite de ruptura é ultrapassado no topo do trecho III em 52% e no início e no final do trecho II em 7% e 30%, respectivamente.

b) Resumo do Monitoramento Dinâmico

Em termos de deslocamentos relativos, tem-se no topo um deslocamento 1,60 metros para a velocidade do vento igual a 35 m/s. Esse deslocamento não afeta a integridade estrutural da torre.

A relação entre o deslocamento estático e dinâmico é praticamente igual a 1 (um) no trecho I, para todos os casos de carregamentos (vento que vai de 5 até 35 m/s), isso se dá, devido a grande rigidez desse trecho (parte Hexagonal da torre).

Em termos de declividade, a condição de inclinação admissível é ultrapassada a partir da velocidade de 25 m/s no trecho II.

Em termos de tensões:

- Assim como no carregamento estático nada acontece em termos de esforço solicitante excessivo nas barras para velocidades até 20 m/s.
- Para ventos de 25m/s, a condição do limite de ruptura é atendida. Porém, para condição de serviço, há violação do limite em 12% e 69%, respectivamente, na região do início e do final do trecho II. Na base e no topo do trecho III, também há a superação desse limite em cerca de 18%.

- Para ventos de 30m/s, a condição limite de serviço, no início e no final do trecho II é excedida em 62% e 142%, respectivamente. Já para o trecho III, no início e no final esse limite é ultrapassado em 73% e 92%, respectivamente. O estado limite de ruptura é superado no final do trecho III, em 46%.
- Para ventos de 35 m/s as tensões de serviço na base do trecho II, entre os níveis 147 a 159, e no final, entre 184 a 192 metros, são excedidas consideravelmente, assim como no trecho III. O limite de ruptura, no início e final do trecho II, é superado em 32% e 98%, respectivamente, enquanto no início e no final do trecho III é em 35% e 57%, respectivamente.

A avaliação das condições de trabalho da torre de TV de Brasília sugeriu a combinação de três recursos: contraventamento, escoramento e absorsores, como solução adequada para limitações dos esforços e deslocamentos a níveis desejados, considerando as seguintes afirmações:

- 1) Para as ações correntes do vento, os esforços e tensões nos elementos e a cinemática da torre atendem aos requisitos de serviço;
- 2) Para as ações extremas do vento, especialmente no seu desempenho dinâmico, é conveniente o emprego, de um recurso de controle de vibração que contemple também a fase estática do cenário;
- 3) A inclusão de cabos de contraventamento é um recurso para redução de esforços e deslocamentos na fase estática do trecho II e trecho III;
- 4) o uso de escoramento proporciona uma melhor estabilidade entre os treliçados na transição do trecho I para o II e desse para o III;
- 5) os absorsores constituem um recurso para a redução dos fatores de amplificação dinâmica nos trechos II e III.

Quanto à recuperação do tratamento de proteção dos elementos estruturais metálicos, o relatório propôs as seguintes etapas:

- 1) Inspeção nas soldas através do ensaio por líquido penetrante, com o objetivo de detectar algum tipo de descontinuidade aberta à superfície que comprometa a integridade da ligação;
- 2) Reparo nas soldas reprovadas e acompanhamento do reparo;
- 3) Substituição dos parafusos e porcas das estruturas metálicas;

- 4) Preparo das superfícies com aplicação de uma tinta epóxi poliamina;
- 5) Pintura da estrutura metálica para o acabamento com a utilização de um poliuretano poliéster.

Apesar da retirada da feira existente na Praça da Torre e do isolamento da área com tapumes, até o momento, a Novacap ainda não concluiu o processo de licitação para contratação da empresa responsável pela execução dos serviços recomendados nesse último relatório.

Por não comportar a transmissão de sinal digital em alta definição (HDTV), outra atividade a ser executada durante a reforma da Torre de Lucio Costa será a transferência das emissoras de televisão de Brasília, hoje com o uso de sinal analógico, para uma nova torre, projetada pelo arquiteto Oscar Niemeyer.

A Torre de TV Digital de Brasília (Figura 90), também conhecida pelo apelido de Flor do Cerrado está localizada no ponto mais alto do Distrito Federal, na região do Grande Colorado, perto de Sobradinho-DF, em um terreno escolhido com ajuda da Agência Nacional de Telecomunicações. A torre tem 120m de altura, executada em estrutura de concreto armado, e outros 60m correspondentes a estrutura metálica da antena, totalizando 180m. Haverá dois espaços de visitação pública, um primeiro, a 60m do solo, destinado a uma área de exposições e outro, 20m acima, onde funcionará um restaurante com vista panorâmica da cidade (Correio Braziliense, 20/7/2011).



Figura 90 – Torre de TV Digital de Brasília, apelidada de Flor do Cerrado³¹

3.7 Considerações finais

A construção da Torre foi iniciada na primeira fase das obras de Brasília, ainda sob o comando do presidente Juscelino Kubitschek. Optou-se pela divisão do contrato em partes, sendo iniciada e concluída em 1960 as fundações e a estrutura de concreto armado, em regime de empreitada total pela empresa Leomar Freire S/A Engenharia e Comércio.

Os relatos jornalísticos da época mostram que a ideia prevista por Lucio Costa no Relatório do Plano Piloto de relacionar o aspecto monumental da obra com a nova tecnologia do Século XX, representada pelas telecomunicações, foram rapidamente assimiladas pela população. No quinto aniversário de Brasília, o principal jornal da cidade ressaltou a importância da televisão na Capital da República com a inauguração do seu maior símbolo a Torre de TV.

³¹ Disponível em: <http://www.piniweb.com.br/construcao/tecnologiamateriais/imagens/i247069.jpg>, acesso em 20/10/2011

Mas mesmo considerando a importância da Torre no sistema de comunicação de Brasília com o resto do mundo e na concepção do desenho urbano da cidade, a falta de um cronograma físico e financeiro adequado fez com que a obra não estivesse pronta na inauguração da nova capital. O fim do governo do presidente Juscelino e as mudanças políticas provocadas pelo regime militar causaram um esfriamento nas construções de Brasília, inclusive a obra da Torre de Televisão, como temia Lucio Costa.

A opção da Novacap de dividir a execução da obra em contratos distintos, apesar de reduzir custos de administração direta, diluiu a captação financeira para o término dos trabalhos. A obra ficou paralisada por quase quatro anos, sem recursos para ser finalizada, apesar de 40% de sua estrutura metálica estar fabricada e estocada nos pátios da Companhia Siderúrgica Nacional.

No segundo semestre de 1964, com a retomada dos trabalhos de fabricação e montagem da estrutura metálica, administrada diretamente pela Novacap, os atrasos não se deram mais por questões financeiras, mas por problemas construtivos inerentes a obra. A estrutura metálica da Torre, executada pela CSN – Companhia Siderúrgica Nacional, empresa brasileira na época com maior experiência na área, apresentou várias dificuldades de montagem não previstas durante a fase de projeto e fabricação das peças, inclusive de compatibilidades entre o projeto de arquitetura e os demais complementares. Fato natural, decorrente da agilidade requerida na fase de projeto.

O término da montagem da estrutura metálica, previsto para o quinto aniversário de Brasília, acabou tendo um atraso de três meses, sendo finalizada em junho de 1965. No dia 21 de abril de 1965, apenas o mirante da Torre foi aberto para visitação pública.

Apesar da pressão popular para a conclusão a obra da Torre, os trabalhos de acabamento seguiram lentamente, divididos em contratos de empreitadas parciais, administrados diretamente pela Novacap, sob a responsabilidade do 4º Escritório de Obras. Novamente, a falta de um planejamento adequado prejudicou o andamento da obra, que só foi inaugurada em abril de 1967.

A morosidade da construção, com duração de quase sete anos, não justificou a recomendação insistente de Lucio Costa que considerasse a urgência dos prazos nas soluções propostas. A importância da Torre de Rádio e Televisão para Brasília justificaria mais tempo para o detalhamento de um projeto que se adequasse à intenção estabelecida no Plano Piloto, além de um planejamento adequado que permitisse a execução contínua da obra.

Porém, apesar do questionamento quanto a proposta formal, mesmo com prazo exíguo existente, o detalhamento da estrutura da Torre se caracterizou por soluções bastante eficientes do ponto de vista da durabilidade da obra.

A experiência em vistorias de obras públicas em Brasília indica o pouco interesse em investimento para preservação das edificações. Normalmente, a opção escolhida envolve soluções pontuais que buscam reconstituir as características originais do prédio já bastante deterioradas ou eventuais modernizações localizadas. Não há investimentos contínuos na manutenção preventiva das edificações.

O relatório apresentado pela Concremat (Novacap, Arquivo DITEC-DE Nº 1242, 2º Volume), após uma análise estática e dinâmica, comprovou o deslocamento de aproximadamente um metro e meio registrado na reportagem do Correio Braziliense do dia 2 de junho de 1965, reiterando que esse valor não afeta a integridade da estrutura. Porém, em termos de tensões, o laudo da Concremat sugere reforços imediatos em elementos do trecho II e III, devido à ação de ventos com velocidades superiores a 20m/s. Até o momento, contudo, nenhuma ação foi tomada pelos responsáveis pela manutenção da Torre.

E mesmo com essa falta de atenção e cuidado com o prédio, a queda de desempenho dos elementos estruturais durante esses 45 anos de utilização não provocou uma ação emergente de reparo, comprovando a qualidade de seus projetos. Como todas as demais obras de intensa visitação, o prédio precisa de um plano adequado de preservação que respeite suas características, desenvolvido e acompanhado, obrigatoriamente, por uma equipe técnica especializada e conhecedora da edificação.

4 Análise da forma estrutural

4.1 Introdução

No seu projeto para a Torre de Rádio e Televisão de Brasília, Lucio Costa procurou uma forma que ao mesmo tempo tivesse ligação com a arquitetura da nova capital, e permitisse a utilização dos dois materiais que melhor representavam as tecnologias construtivas da época. Assim, Lucio propôs uma estrutura plástica de concreto armado aparente, apoiada em três pilares, funcionando como base para os elementos estruturais da torre, fabricados em aço.

Na construção de torres, contudo, como na de pontes, a forma estrutural tem grande importância na composição arquitetônica da obra. Segundo Sánchez (2007), a análise da forma arquitetônica é realizada, geralmente, pelo campo da estética, enquanto o estudo da forma estrutural é feita de maneira quantitativa, a fim de se obter a correta dimensão de uma geometria proposta.

O objetivo desse capítulo é estudar a relação entre a forma estrutural da Torre de Televisão de Brasília e a sua intenção arquitetônica, e desenvolver um modelo simplificado, qualitativo, que permita pré-dimensionar os elementos estruturais principais de uma torre. A metodologia dessa análise foi montada a partir das ideias de Billington (1983) sobre a existência da Arte Estrutural.

Para Billington (1983), Arte Estrutural é uma tradição democrática, alcançada na sua plenitude quando se consegue equilibrar a liberdade de expressão com as limitações impostas pelas exigências da obra, inclusive de custos. A disciplina da arte estrutural está na eficiência e na economia, e sua liberdade está no potencial oferecido ao projetista de expressar seu próprio estilo, motivado por sua consciência estética em busca da elegância da obra. Economia deve ser encarada como um estímulo, não um obstáculo para a criatividade da arte estrutural.

Segundo Billington (1983), estes são os três principais ideais da arte estrutural: eficiência, relacionada com o uso racional dos materiais, economia, através da utilização dos mínimos recursos necessários e elegância, relativa a máxima expressão estética da obra de engenharia.

E é na procura consciente da elegância e da força expressiva de cada obra que reside a liberdade individual do projetista. O uso de modelos estruturais simplificados ajuda a obter respostas necessárias para a construção da intenção arquitetônica. A avaliação estrutural passa a ser uma ferramenta de projeto, tanto para contribuir como para justificar uma determinada forma.

Como exemplo, apresenta-se o edifício Buchholz Sports Centre (Figura 91), construído em Uster na Suíça em 1998, cujo projeto é de autoria dos arquitetos suíços sediados em Zurique Stefan Camedzind e Michael Gräfensteiner. A elegância, leveza e simplicidade da estrutura mostram o interesse dos autores em projetar formas que acompanhem o caminho das forças e provoquem uma expressão estética na obra.

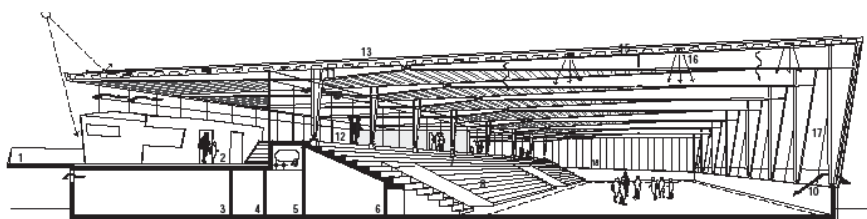


Figura 91 – Buchholz Sports Centre (Fonte: Sánchez, 2007).

Utilizando o programa Ftool (Martha, 2008), foi possível construir um modelo simples de pórtico plano articulado sob um carregamento unitário uniformemente distribuído, obtendo, rapidamente, os diagramas de comportamento da estrutura (Figura 92).

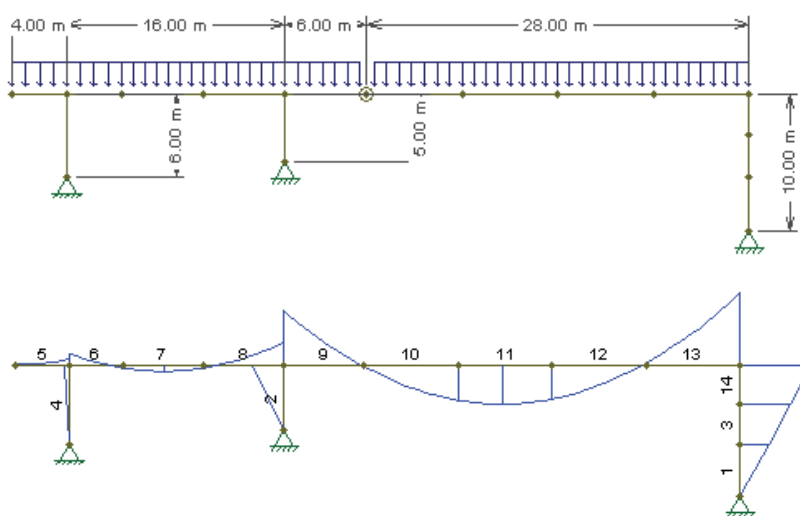


Figura 92 – Diagrama de carga e momento fletor do modelo (Fonte: Autor)

Percebe-se que o desenho arquitetônico da estrutura seguiu, aproximadamente, o desenvolvimento do diagrama, concentrando as inércias dos perfis junto aos nós de ligação do pórtico, por ali concentrar os maiores valores de momento fletor, além de promover a rigidez necessária para a estabilidade da edificação (Figura 93).

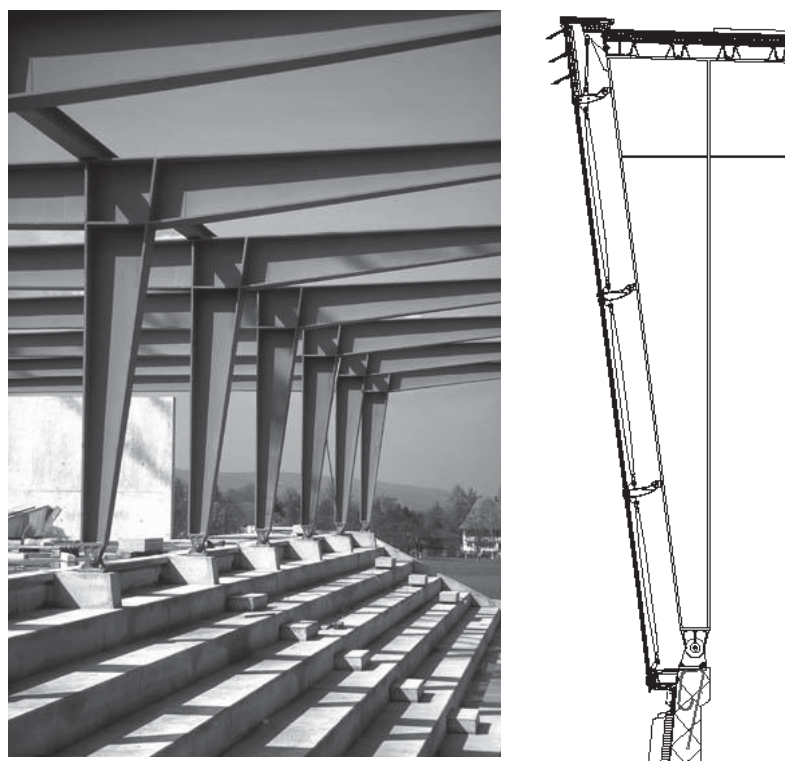


Figura 93 – Detalhe da Inércia Variável das Peças (Fonte: Sánchez, 2007).

A rótula posicionada no vão maior do pórtico, interessante para facilitar a montagem da estrutura, foi colocada no ponto onde o momento fletor se anula e os aparelhos de apoio, também rotulados, transformaram-se em elementos plásticos de expressão da obra (Figura 94).

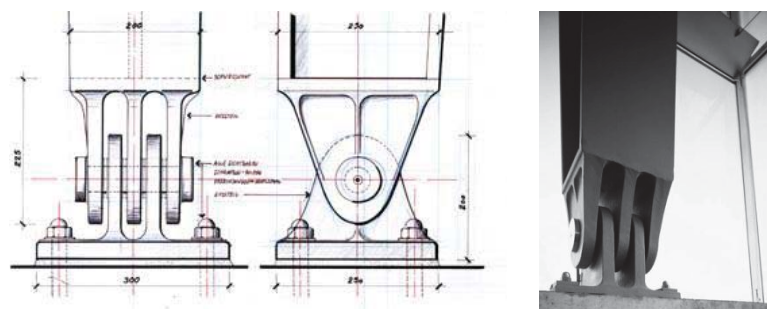


Figura 94 – Detalhe dos Aparelhos de Apoio (Fonte: Sánchez, 2007).

De acordo com Serra (2006), esse tipo de procedimento, baseado em métodos qualitativos, busca apenas descrever o comportamento dos objetos, visando conhecê-los mais profundamente. Um método quantitativo de análise, ao contrário, quantifica as características do sistema, das partes que o compõem e de suas relações.

Para Salvadori (1963), o conhecimento qualitativo do comportamento das estruturas deveria ser sempre um pré-requisito para o desenvolvimento de um modelo estrutural quantitativo. O cultivo dessa prática permitirá se alcançar mais rapidamente a estrutura correta e adequada à forma pretendida. Segundo Salvadori (1963), porém, esse tipo de abordagem só se transformará em conhecimento satisfatório se for baseado em experiências anteriores e se tiver uma comprovação quantitativa adequada.

As ideias de Salvadori (1963) coincidem com a concepção de Arte Estrutural. Billington (1983) teve como ponto de partida a obra do engenheiro suíço Robert Maillart, estudando depois os trabalhos de Telford, Eiffel e Candela, todos exímios construtores, que utilizavam suas experiências anteriores como plataforma para evolução de suas obras. A experiência quantitativa se transformando em habilidade qualitativa.

Pretende-se, assim, nessa etapa do trabalho, verificar através de uma metodologia simples de análise estrutural, qualitativamente, a forma de uma estrutura existente, a Torre de Televisão de Brasília, permitindo tirar conclusões que ajudem a justificar as opções projetuais adotadas pelo arquiteto.

4.2 O momento fletor e a forma arquitetônica

Em mecânica, uma força realiza trabalho quando sofre um deslocamento dx que está na sua mesma direção (Hibbeler, 2010). O trabalho realizado é uma grandeza escalar, definida como ($dU_e = F dx$). Se o deslocamento total for " x ", o trabalho torna-se:

$$U_e = \int_0^x F dx$$

Segundo Timoshenko (1983), um corpo é constituído de pequenas partículas ou moléculas, entre as quais estão atuando forças internas que se opõem à mudança de forma que forças exteriores tendem a produzir, até que um determinado equilíbrio seja estabelecido. Nesse instante, diz-se que o corpo está em estado de deformação, durante o qual forças externas produzem trabalho, sendo transformado completa ou parcialmente em energia potencial de deformação.

Em elementos estruturais, essa energia de deformação, também denominada de trabalho interno, é armazenada no corpo e provocada pela ação de tensões normais e de cisalhamento, oriundas dos esforços cortantes e de momento fletor. Segundo Hibbeler (2010), considerando um material com comportamento elástico linear com módulo de elasticidade " E ", pode-se expressar a energia de deformação em termos da tensão normal σ em uma unidade de volume dV como:

$$U_i = \int_V \frac{\sigma^2}{2E} dV$$

Da mesma forma, podemos expressar a energia de deformação em termos da tensão de cisalhamento " τ " e do módulo de elasticidade transversal " G " em uma unidade de volume dV como:

$$U_i = \int_V \frac{\tau^2}{2G} dV$$

No caso específico de uma viga em balanço de vão " L " e seção transversal quadrada com lado " a ", quando submetida a uma carga distribuída uniforme " q ", considerando a rigidez da seção transversal " EI " constante e " $G = 0,40 \times E$ ", podemos escrever a relação entre a energia de deformação por cisalhamento e a energia de deformação por flexão da seguinte forma:

$$\frac{(U_i)_c}{(U_i)_f} = \frac{\frac{q^2 L^3}{5G a^2}}{\frac{q^2 L^5}{40E \left(\frac{a^4}{12}\right)}} = \frac{2}{3} \left(\frac{a}{L}\right)^2 \frac{E}{G}$$

$$\frac{(U_i)_c}{(U_i)_f} = 1,67 \left(\frac{a}{L}\right)^2$$

Percebe-se que a relação só aumentará com a diminuição do vão " L " e para vigas com " $L = 10a$ ", pré-dimensionamento comum em peças de concreto armado, a

contribuição dada pela energia de deformação por cisalhamento é de menos de 2% da energia de deformação por flexão, podendo por essa razão, ser desprezada em uma análise qualitativa da estrutura.

Fazendo agora a relação entre as tensões máximas de flexão e cisalhamento que surgem nessa mesma viga em balanço, agora com seção retangular genérica " $b \times h$ ", obtemos que:

$$\sigma_{\text{MAX}} = \frac{M_f}{W_x} = \frac{3qL^2}{bh^2} \text{ e } \tau_{\text{MAX}} = \frac{QS}{Ib} = \frac{3}{2} \frac{qL}{bh}$$

$$\frac{\tau_{\text{MAX}}}{\sigma_{\text{MAX}}} = \frac{h}{2L}$$

Mostrando que a relação entre as tensões máximas de flexão e cisalhamento é aproximadamente igual a relação entre a altura da viga e seu comprimento longitudinal. Na hipótese de vigas com " $L = 10a$ ", as tensões de cisalhamento apresentam-se com valores muito inferiores às tensões normais, aproximadamente 5%.

Assim, tanto em uma verificação por energia, como em uma análise de tensões, do ponto de vista qualitativo, para o dimensionamento da forma arquitetônica, justifica-se uma análise simplificada dos elementos estruturais fletidos, considerando apenas o efeito do momento fletor em detrimento do esforço cortante.

A utilização de sistemas estruturais treliçados é bastante comum na construção de torres, tanto pela leveza de seus elementos, como pela sua permeabilidade ao vento. Apesar de atuarem, principalmente, esforços normais de tração e compressão, é possível fazer uma análise do comportamento de treliças de largura constante a partir do momento fletor que atua em uma "*Viga de Substituição*", simulando a estrutura original com o mesmo vão e carregamento (Sussekind, 1980).

Por exemplo, o valor do esforço normal S_3 na barra 3 pode ser obtido através do equilíbrio do nó "i" (Figura 95), fazendo $\sum M_i = 0$:

$$R_h \times \left(2 \times \frac{H}{4}\right) - R_v \times a - P_1 \times \frac{H}{4} + S_3 \times a = 0$$

$$S_3 = \frac{\left(R_v \times a + P_1 \times \frac{H}{4} - R_h \times \frac{H}{2}\right)}{a}$$

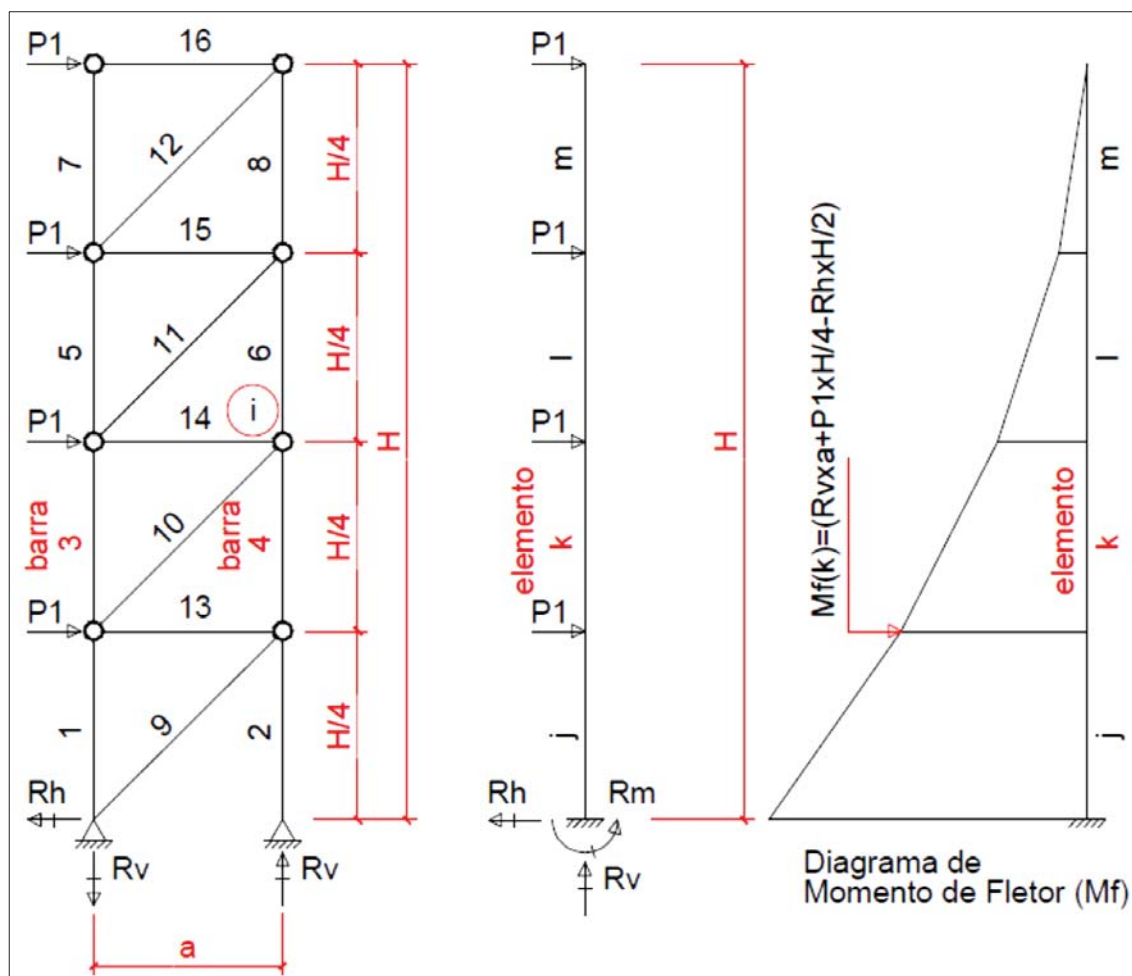


Figura 95 – Treliça e a Viga de Substituição (Fonte:autor)

Sendo “a” a largura da base da treliça, podemos dizer que a expressão $(R_v \times a)$ equivale ao momento fletor de reação no engaste da viga de substituição (R_m), enquanto $(M_{f(k)} = R_v \times a + P_1 \times \frac{H}{4} - R_h \times \frac{H}{2})$ representa o momento fletor atuante na seção do elemento “k” (Figura 95).

Conclui-se que o esforço normal S_3 na barra 3 é igual ao momento fletor na seção equivalente da viga de substituição afetado pela relação geométrica $(\frac{1}{a})$, que representa o inverso da largura da treliça. Assim:

$$S_3 = \frac{M_k}{a}$$

E por analogia, é possível obter o valor do esforço normal na barra 4, que terá o mesmo módulo e direção do esforço S_3 , porém, com sentido contrário:

$$S_4 = -\frac{M_k}{a}$$

Assim, a partir de um carregamento atuante em um modelo estrutural vertical treliçado, muito utilizado em torres, podemos, rapidamente, através do traçado do diagrama de momentos fletores de uma viga isostática, saber o valor do esforço no elemento principal da estrutura. Essa metodologia será usada no pré-dimensionamento da seção transversal da estrutura, cujo valor determina diretamente a proposta arquitetônica da edificação.

4.3 O carregamento atuante: a ação do vento em edificações

O vento é o principal carregamento atuante em estruturas verticais como as torres. O valor do momento fletor em torres está sempre relacionado com a altura da edificação, pois ela que determinará a ação do vento, principal carregamento a ser considerado nesse tipo de projeto.

A ação do vento não é uma questão relevante em construções baixas, porém em estruturas esbeltas passa a ser uma das ações mais importantes a se resistir. As considerações para determinação das forças devidas ao vento são regidas e calculadas no Brasil de acordo com a NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações (ABNT, 1988).



Figura 96 – Gráfico de Isopletas (ABNT, 1988)

O vento é produzido por diferenças de temperatura das massas de ar na atmosfera, fluindo das áreas de pressão mais alta para as de pressão mais baixa e se manifesta em rajadas ao invés de um fluxo contínuo. Os serviços de meteorologia mantêm boletins anemográficos há muitos anos, o que possibilitou o traçado de um mapa contendo as linhas com mesma velocidade de vento nas regiões brasileiras, o gráfico das isopleias (Figura 96).

Pelo gráfico de isopleias é possível obter a velocidade básica do vento V_0 para o local da construção, definida como sendo a velocidade de uma rajada de 3 segundos, podendo ser ultrapassada, em média, uma vez em 50 anos, atuando a 10 metros acima do terreno, em campo aberto e plano. Como regra geral, é admitido que o vento básico sopra de qualquer direção horizontal (ABNT, 1988).

A velocidade característica V_k é o valor usado em projeto, definida pelas características locais da obra. Ela considera a influência da topografia da região na velocidade básica do vento (Fator S_1), além da rugosidade do terreno, as dimensões da edificação (Fator S_2) e o uso que a construção terá durante sua vida útil (Fator S_3), sendo expressa da seguinte forma:

$$V_k = V_0 \times S_1 \times S_2 \times S_3$$

Onde:

V_0 : velocidade básica do vento em m/s;

S_1 :fator topográfico;

S_2 :fator de rugosidade e dimensões da edificação;

S_3 :fator estatístico.

A velocidade característica V_k permite determinar a pressão dinâmica do vento " q " pela expressão:

$$q = 0,613 \times V_k^2$$

Sendo " q " em N/m² e V_k em m/s.

A força devido ao vento depende da diferença de pressão nas faces opostas da parte da edificação em estudo, calculada através de coeficientes aerodinâmicos que estão definidos na NBR 6123 (ABNT, 1988) para diferentes tipos de construção, ou obtidos através de estudos experimentais em túneis de vento.

Segundo a NBR 6123 (ABNT, 1988), para torres reticuladas a componente na direção do vento chamada de força de arrasto F_a é obtida pela multiplicação do coeficiente de arrasto C_a pela pressão aerodinâmica q , multiplicada pela área frontal efetiva A_e , conhecida como área de sombra:

$$F_a = C_a \times q \times A_e$$

4.4 Avaliação qualitativa da estrutura

Na maioria dos casos, a altura de uma torre é definida por suas necessidades técnicas, estabelecidas em normas ou por alguma interferência de implantação. A largura e a forma, porém, são opções do desenho arquitetônico que podem ser auxiliadas pelo entendimento do comportamento estrutural da edificação.

Algumas relações geométricas, baseadas em construções anteriores, são bastante úteis no pré-dimensionamento de elementos estruturais. Adota-se, por exemplo, a razão do vão por vinte ($L/20$) para estipular a altura inicial de uma viga metálica de alma cheia e ($L/10$) para vigas de concreto armado de seção retangular.

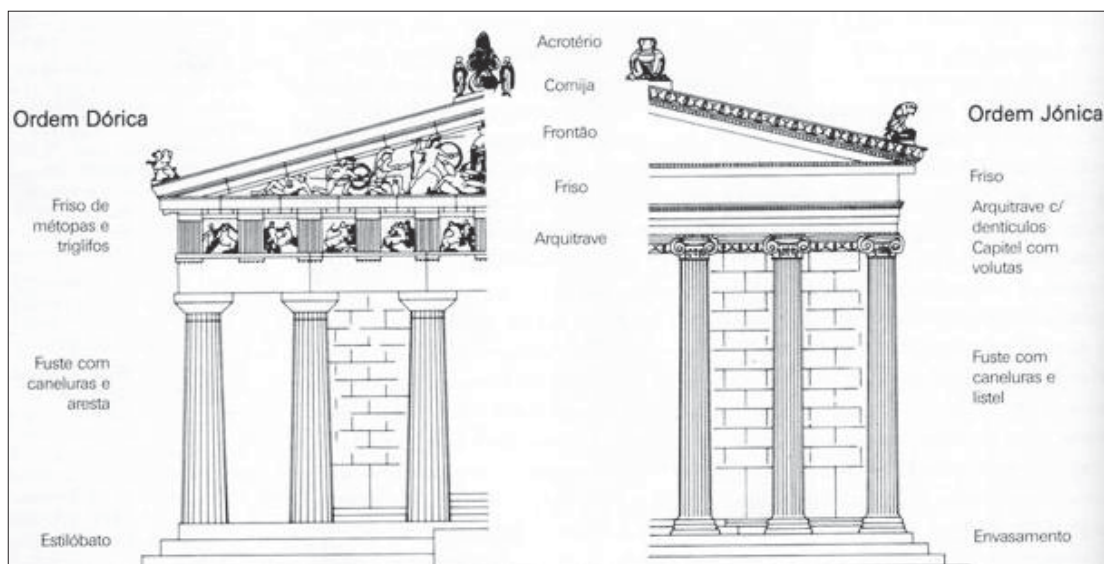


Figura 97 – Colunas da ordem Dórica e Jônica (Fonte: Gypmel, 2001)

A relação entre duas dimensões de um elemento estrutural, chamada de esbeltez da peça, é um bom indicador tanto para o desenho arquitetônico, como para o pré-dimensionamento da peça. As colunas da arquitetura clássica grega (Figura 98), por exemplo, usavam como parâmetro de esbeltez a relação entre a altura, considerada

da base ao capitel, e o diâmetro da seção transversal. Na Ordem Dórica essa razão vale 8, sendo 9 na Ordem Jônica e 10 na Ordem Coríntia, a mais esbelta delas (Walter, 1991).

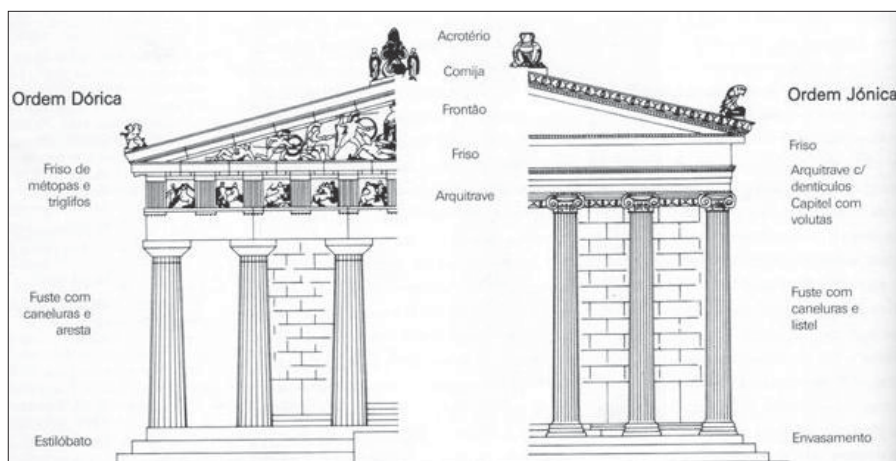


Figura 98 – Colunas da ordem Dórica e Jônica (Fonte: Gympel, 2001)

No caso de torres é interessante relacionar a altura total (H) com a distância entre os seus pontos de apoio (a), criando um fator (H/a) que auxilie na concepção inicial do projeto e represente a esbelteza da estrutura.

Dentre as torres construídas antes da Torre de TV de Brasília, encontra-se a de Tóquio com relação (h/a) média de seus trechos de $8,8^{32}$, a Torre Eiffel com relação média (h/a) de $6,8^{33}$ e o Trylon, construído para Feira Mundial de Nova York de 1939, com relação (H/a) de $8,6$ (Smith, 1993).

No seu croqui inicial, desenhado na figura 12 do Relatório do Plano Piloto de Brasília (Braga, 2010), Lucio Costa optou por uma relação (H/a) de $8,2$ para a Torre de TV de Brasília, próxima às adotadas na Torre de Tóquio e no Trylon, e também da esbelteza das colunas da ordem Dórica. A Torre, porém, acabou sendo projetada e executada com uma forma mais esbelta, utilizando uma relação (H/a) no valor de $11,2$, mais próxima das colunas da Ordem Coríntia (Figura 99).

³² Fonte disponível em: <http://www.tokyotower.co.jp>, acesso em 10/9/2011

³³ Fonte disponível em: <http://thaa2.files.wordpress.com/2009/06/e3.jpg>, acesso em 10/9/2011

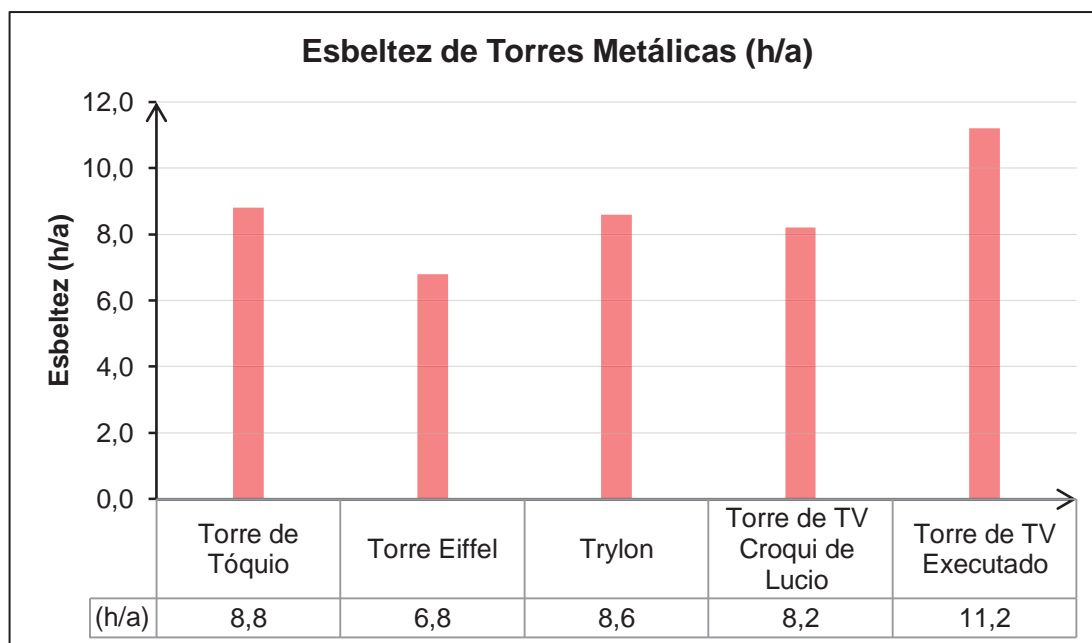


Figura 99 – Gráfico da esbeltez (h/a) de torres metálicas (Fonte: Autor)

O pré-dimensionamento feito através de relações geométricas consagradas em obras já construídas, mostra-se bastante eficiente em uma etapa inicial. Contudo, é possível refinar isso com o uso de modelos que representem simplificada e, o comportamento estrutural de uma peça isolada ou de toda a edificação, obtendo-se informações complementares que auxiliem na composição formal da obra.

Esses modelos servem para melhorar o entendimento do comportamento estrutural, através da análise de seus esforços, ou deslocamentos oriundos da ação principal. Como exemplo, pode-se utilizar o croqui inicial da Torre de TV proposto por Lucio Costa no Plano Piloto de Brasília, respeitando a esbeltez do desenho, porém, transformando a parte metálica em um pórtico apoiado na base de concreto, formado por duas barras convergentes e submetido a um carregamento de vento com variação linear em função da altura (Figura 100).

O diagrama de deslocamentos apresentado nessa proposta não representa o comportamento físico da estrutura da Torre de TV, justificando a criação de um outro modelo mais próximo da realidade (Figura 100).

Uma segunda proposta seria construir um modelo com dois trechos, um superior, mais esbelto, engastado no outro, uma estrutura treliçada que se apoia no embasamento de concreto, tendo como ação, cargas concentradas nos nós.

Os deslocamentos provocados pela ação do vento na estrutura da Torre de TV foram percebidos durante a sua montagem final, conforme relato do artigo “*Tôrre Oscila*” (Correio Braziliense, 2/6/1965), que destacou um movimento horizontal de 1,5m na altura de 195m, demonstrando que essa proposta representa melhor a obra (Figura 100).

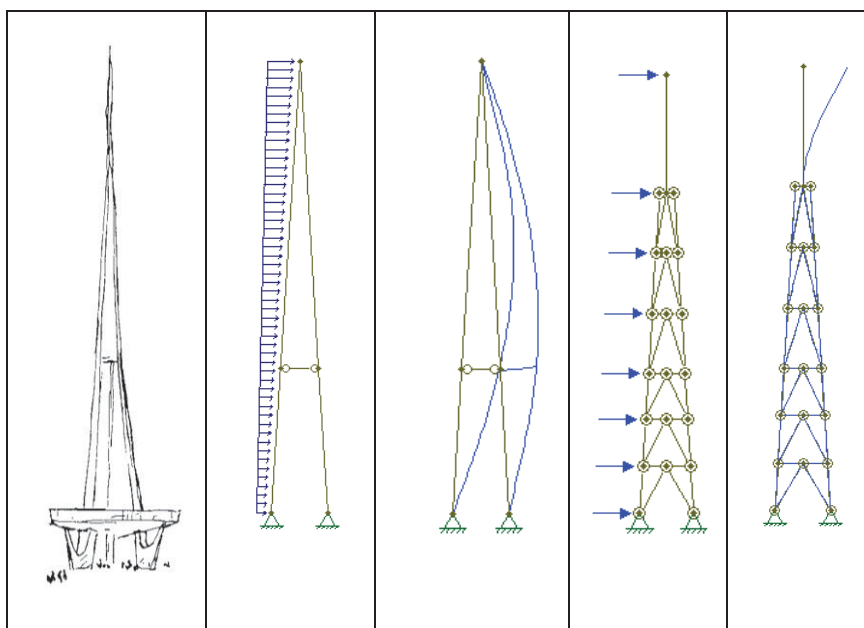


Figura 100 – Croqui de Lucio Costa para a Torre de TV e duas propostas de modelo estrutural com seus respectivos diagrama de deslocamentos (Fonte: Autor)

A força provocada pelo vento, principal ação a ser analisada em estruturas altas como uma torre, pode ser obtida através das prescrições da NBR 6123 – Forças Devido ao Vento em Edificações. Essa norma estabelece os coeficientes de pressão, força e arrasto relacionados à ação do vento, a partir das características da edificação, tais como, local da obra, topografia e rugosidade do terreno, dimensões e destinação do prédio.

Considerando os parâmetros de cálculo discriminados na Tabela 1 e os dados fornecidos pela NBR 6123, a força do vento na estrutura metálica da Torre de TV por unidade de área efetiva, a partir da cota de embasamento a 25m do nível do solo até o seu topo, é calculada de acordo com valores obtidos na Tabela 2.

Tabela 1 – Parâmetros para o cálculo da força do vento (Fonte: Autor)

Item	Valor	Und	Descrição
Vo	35,0	m/s	Região do Distrito Federal.
S1	1,0		Terreno plano ou fracamente acidentado.
Rugosidade do Terreno	Categoria III		Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, tais como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas.
Dimensão da Edificação	Classe C		Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal exceda 50 m.
S3	1,1		Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, centrais de comunicação, etc.)

Os valores do coeficiente de arrasto “Ca” foram obtidos conforme estabelecido no item 7.7.2.2 da NBR 6123, a partir do gráfico da Figura 12 da Norma, utilizado em torres reticuladas constituídas por barras prismáticas de seção circular.

Tabela 2 – Força de Vento conforme as prescrições da NBR 6123 (Fonte: Autor)

Altura H (m)	Fator que considera a influência da rugosidade do terreno, das dimensões da edificação e de sua altura sobre o terreno S2	Velocidade Característica do Vento Vk (m/s)	Pressão Dinâmica do Vento q (kN/m ²)	Coeficiente de Arrasto Ca	Força do Vento perpendicular a uma superfície plana, perpendicular à respectiva superfície. Fv (kN/m ²)
25	0,98	37,73	0,87	0,85	0,742
30	1,00	38,50	0,91	0,85	0,772
40	1,04	40,04	0,98	0,85	0,835
50	1,06	40,81	1,02	0,85	0,868
60	1,09	41,97	1,08	0,86	0,928
80	1,12	43,12	1,14	0,86	0,980
100	1,15	44,28	1,20	0,86	1,033
120	1,18	45,43	1,27	0,87	1,101
140	1,20	46,20	1,31	0,87	1,138
160	1,22	46,97	1,35	0,88	1,190
180	1,23	47,36	1,37	0,88	1,210
200	1,25	48,13	1,42	0,88	1,249
217	1,27	48,78	1,46	0,89	1,298

A variação da força do vento em função da altura da estrutura é mostrada graficamente na Figura 101, apresentando como melhor linha de tendência um polinômio do quarto grau, diferente do modelo linear proposto inicialmente na Figura 100, para o pré-dimensionamento do croqui de Lucio Costa.

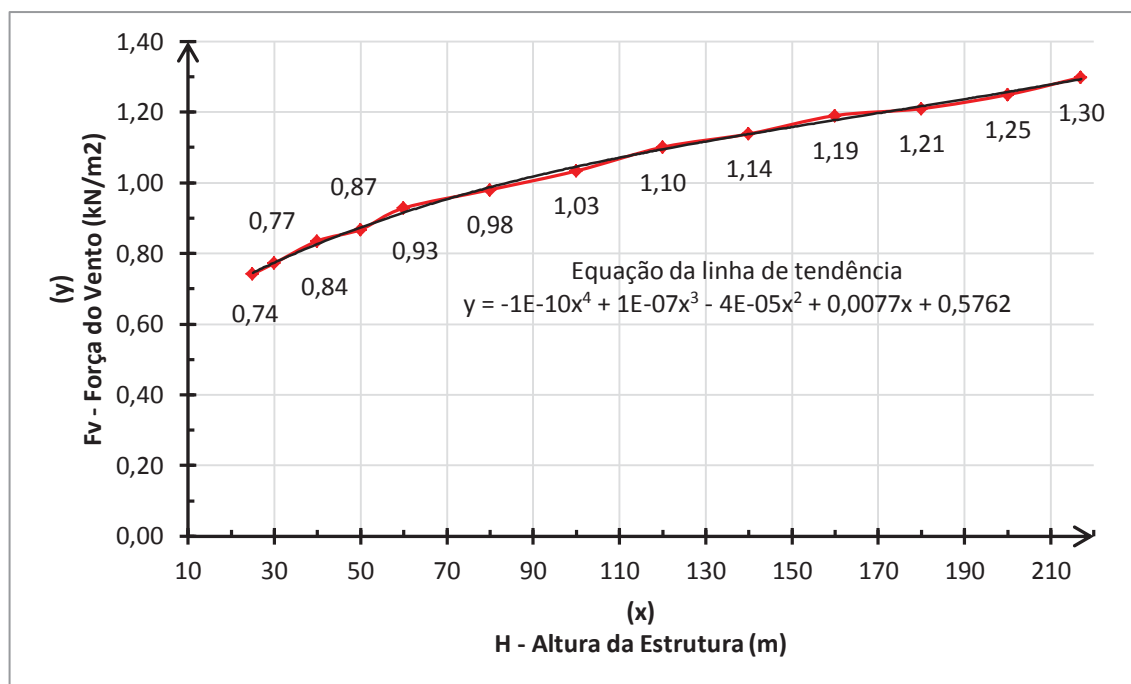


Figura 101 – Variação da força do vento (F_v) com a altura (H) (Fonte: Autor)

Em uma análise qualitativa, porém, é interessante uma metodologia que nos permita obter o valor da força de vento de uma maneira mais simples, mesmo que aproximadamente. A intenção é auxiliar no pré-dimensionamento da forma arquitetônica, diminuindo a distância entre a intenção do croqui inicial e o detalhamento do projeto.

Assim, considerando que a força do vento é dada pelo coeficiente de arrasto (C_a) multiplicado pela pressão dinâmica (q) e pela área efetiva, podemos a partir de alguns coeficientes aproximados adotar o seguinte modelo de cálculo:

$$F_v = C_a \times q \times A_e$$

$$q = 0,613 \times V_k^2 \therefore F_v = C_a \times (0,613 \times V_k^2) \times A_e$$

E sabendo que:

$$V_k = V_0 \times S_1 \times S_2 \times S_3 \quad e \quad A_e = \phi \times A$$

Onde " ϕ ", é conhecido como o coeficiente que determina a área de sombra da estrutura, ou seja, a área total do plano "A", descontada de seus vazios, obtendo-se a área efetiva " A_e ".

E assim, teremos a força do vento parametrizada da seguinte forma:

$$F_V = C_a \times (0,613 \times V_0^2 \times S_1^2 \times S_2^2 \times S_3^2) \times (\emptyset \times A)$$

Para torres metálicas reticuladas constituídas por barras prismáticas, com altura de até 300m, podemos adotar os seguintes valores aproximados:

$$C_a = 1,0; S_1 = 1,0; S_2 = 1,3; S_3 = 1,1$$

Obtendo o valor da força de vento dada por:

$$F_V = 1,0 \times (0,613 \times V_0^2 \times 1,0^2 \times 1,3^2 \times 1,1^2) \times (\emptyset \times A)$$

$$F_V = \frac{1,253 \times V_0^2 \times (\emptyset \times A)}{1.000} \text{ em kN}$$

Sendo:

V_0 ... velocidade básica do vento em (m/s) conforme isopletas (Figura 96);

\emptyset ... densidade dos elementos que compõe a estrutura da torre, adotado:

	Descrição	Φ
1	Torre de Rádio e TV de Brasília	0,15
2	Torre Eiffel	0,55

A ... área da superfície plana de contorno da estrutura.

A força F_V encontrada corresponde à resultante das ações do vento e o seu ponto de aplicação (x_r) pode ser determinado da seguinte forma:

$$x_r = \frac{(\sum_1^n F_{Vi} \times dA) \times x_i}{(\sum_1^n F_{Vi} \times dA)}$$

E, considerando uma superfície de largura unitária, pode-se integrar a função que varia a força do vento em relação a altura da estrutura (Figura 101):

$$x_r = \frac{\left(\int_0^H F_V(x) \times 1,0 \times x \times dx \right)}{\left(\int_0^H F_V(x) \times 1,0 \times dx \right)}$$

$$x_r = \frac{\int (-1E - 10x^4 + 1E - 07x^3 - 4E - 05x^2 + 0,0077x + 0,5762) \times x \times dx}{\int (-1E - 10x^4 + 1E - 07x^3 - 4E - 05x^2 + 0,0077x + 0,5762) \times dx}$$

$$x_r = \frac{\frac{-1E - 10H^6}{6} + \frac{1E - 07H^5}{5} - \frac{4E - 05H^4}{4} + \frac{0,0077H^3}{3} + \frac{0,5762H^2}{2}}{\frac{-1E - 10H^5}{5} + \frac{1E - 07H^4}{4} - \frac{4E - 05H^3}{3} + \frac{0,0077H^2}{2} + 0,5762H}$$

Tabela 3 – Ponto de Aplicação da Força Resultante

Descrição da Torre	Altura H (m)	Ponto de Aplicação Xr (m)	Relação xr/H (%)
Torre de Tóquio	333,0	178,8	53,7%
Torre Eiffel	300,0	161,8	53,9%
Donauturm	252,0	136,7	54,2%
Torre de Rádio e TV de Brasília	192,0	104,7	54,6%
		Valor Médio	54,1%

E utilizando a expressão encontrada para o ponto de aplicação da força resultante em diversas alturas de torres (Tabela 3), podemos adotar como valor aproximado a relação:

$$x_r = 54\% \times H$$

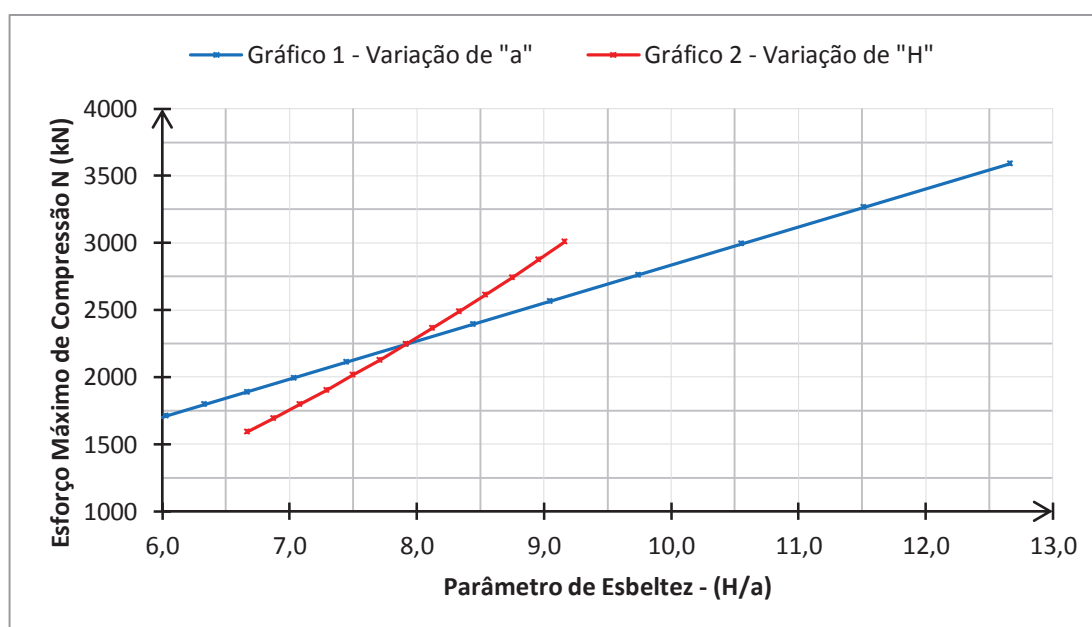
E, como determinado na Seção 4.2, podemos obter, finalmente, uma expressão para o esforço normal máximo na estrutura, dada por:

$$N = \frac{M}{a} = \frac{F_v \times x_r}{a} = \frac{\left[\frac{1,253 \times V_0^2 \times (\phi \times A)}{1.000} \right] \times (54\% \times H)}{a} \text{ (kN)}$$

O uso desses valores simplificados permite que se estude, rapidamente, a forma da estrutura em função de seus esforços máximos. Partindo da relação proposta por Lucio para a Torre, com H=190,0m e a=24,0m, é possível variarmos a largura (a), ou sua altura (H), buscando a melhor relação de esbeltez (H/a) em função, por exemplo, do esforço de compressão no elemento mais solicitado (Tabela 4 e Figura 102).

Tabela 4 – Esforço de compressão pela esbeltez (H/a)

Gráfico 1 - Variação de "a" - H=190m				Gráfico 2 - Variação de "H" - a=24m			
a (m)	H/a	Fv (kN)	N (1) (kN)	H (m)	H/a	Fv (kN)	N (2) (kN)
13,5	14,1	295	3990	155,0	6,5	428	1494
15,0	12,7	328	3591	160,0	6,7	442	1591
16,5	11,5	361	3264	165,0	6,9	456	1692
18,0	10,6	394	2992	170,0	7,1	470	1797
19,5	9,7	427	2762	175,0	7,3	484	1904
21,0	9,0	459	2565	180,0	7,5	497	2014
22,5	8,4	492	2394	185,0	7,7	511	2128
24,0	7,9	525	2244	190,0	7,9	525	2244
25,5	7,5	558	2112	195,0	8,1	539	2364
27,0	7,0	591	1995	200,0	8,3	553	2487
28,5	6,7	623	1890	205,0	8,5	566	2612
30,0	6,3	656	1795	210,0	8,8	580	2741
31,5	6,0	689	1710	215,0	9,0	594	2874
33,0	5,8	722	1632	220,0	9,2	608	3009
34,5	5,5	755	1561	225,0	9,4	622	3147

**Figura 102 – Variação do esforço de compressão com a esbeltez (Fonte: Autor)**

O ponto de encontro dos gráficos 1 e 2 da Figura 102 representa o parâmetro de esbeltez (H/a) ideal, considerando a variação do esforço normal de compressão na estrutura para uma torre com altura inicial de 190m.

Mantendo o valor da largura $a=24,0\text{m}$ e variando a altura inicial da estrutura, percebe-se que o parâmetro de esbeltez (H/a) ideal se altera, crescendo à medida que se aumenta a altura (H), conforme mostrado no gráfico da Figura 103.

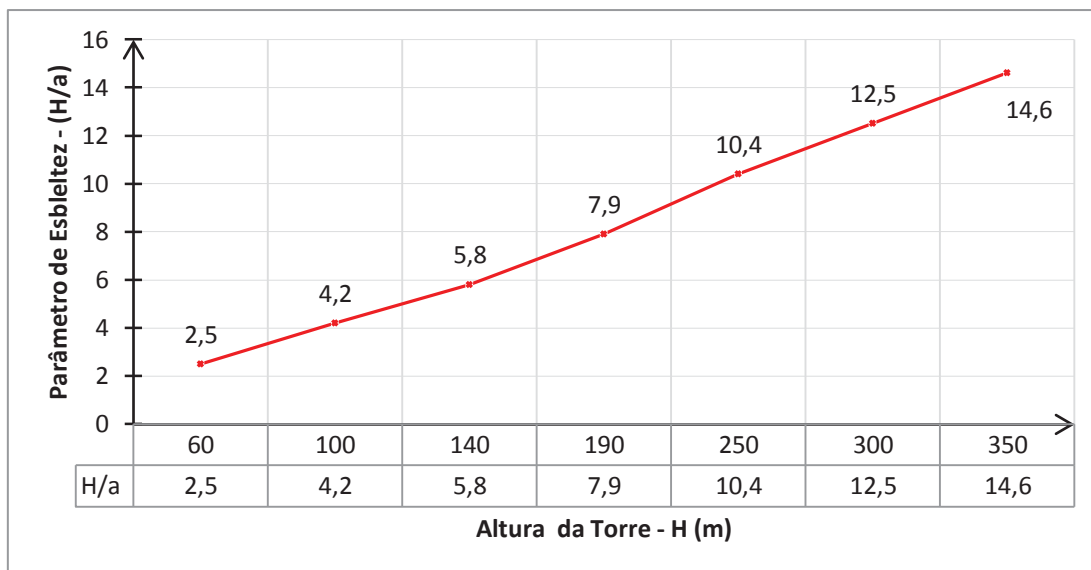


Figura 103 – Variação da esbeltez adequada com a altura (Fonte: Autor)

A Tabela 5, construída a partir do gráfico da Figura 103, propõe valores de referência para o pré-dimensionamento da largura da estrutura, em função de sua altura (H) e de um parâmetro de esbeltez ideal (H/a).

Tabela 5 – Largura da torre (a) em função da esbeltez ideal (H/a) (Fonte: Autor).

Altura "H" (m)	Esbeltez Ideal H/a	Largura "a" (m)
60,0	3,5	17,1
100,0	4,2	23,8
140,0	5,8	24,1
190,0	7,9	24,1
250,0	10,4	24,0
300,0	12,5	24,0
350,0	14,6	24,0

O valor do esforço máximo de compressão na estrutura (N), contudo, varia também conforme a velocidade básica do vento (V_0), que é uma característica da localidade da obra. Assim, é possível traçar um gráfico que considere o valor do esforço normal na estrutura (N), informação necessária para o pré-dimensionamento da estrutura, de acordo com o parâmetro de esbeltez desejado (H/a), para diversas condições de vento (Figura 104).

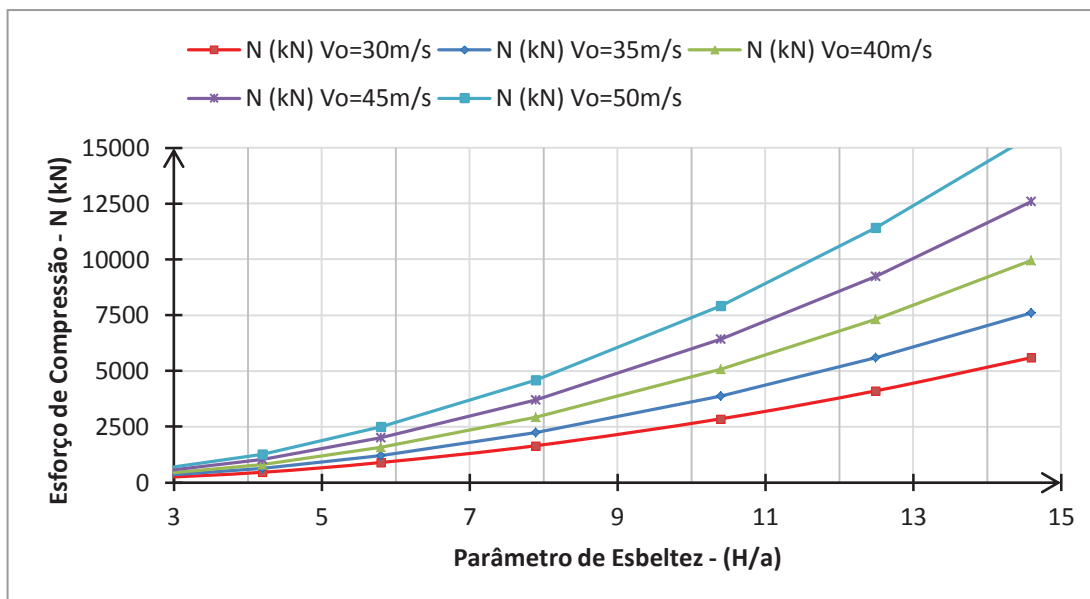


Figura 104 – Variação do esforço normal com a esbelteza (Fonte: Autor)

Obtido o valor do esforço de compressão na estrutura (N), é possível avaliar a seção transversal da peça, ainda simplificada, porém, mais próxima da necessidade da estrutura, auxiliando no pré-dimensionamento da forma arquitetônica.

Utilizando a expressão de dimensionamento de barras prismáticas submetidas a força axial de compressão prescrita na NBR 8800 – Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto, teremos:

$$\gamma_f \times N = \frac{\chi \times Q \times A_g \times f_y}{\gamma_{a1}}$$

Onde:

γ_f ... Coeficiente de ponderação das ações, podendo ser adotado 1,5;

N ... Esforço axial de compressão em (kN);

χ ... Fator de redução associado à resistência à compressão;

Q ... Fator de redução total associado à flambagem local das placas componentes da seção transversal do elemento comprimido;

A_g ... Área bruta da seção transversal da barra em (cm²);

f_y ... Tensão de escoamento do aço;

γ_{a1} ... Coeficiente de ponderação da resistência, adotado 1,10;

Considerando as dimensões do croqui de Lucio Costa para Torre de TV, podemos estimar através da esbeltez da estrutura, um valor do fator de redução associado à resistência à compressão em $\chi = 0,5$. Assim, desprezando o efeito da flambagem local, ou seja, $Q = 1,0$, teremos para fins de pré-dimensionamento:

$$\chi = 0,5 \quad e \quad Q = 1,0$$

E, substituindo esses valores simplificados, teremos a expressão de cálculo da área da seção transversal da barra:

$$1,5 \times N(kN) \leq \frac{0,5 \times 1,0 \times A_g \times f_y \left(\frac{kN}{cm^2} \right)}{1,10} \therefore A_g \geq \frac{N(kN)}{0,3 \times f_y \left(\frac{kN}{cm^2} \right)}$$

Para o aço ASTM-A36, bastante utilizado no mercado, com $f_y = 25,0 \frac{kN}{cm^2}$, teremos:

$$A_g(cm^2) \geq 0,132 \times N(kN)$$

Portanto, simplificadamente, podemos considerar que a área bruta em (cm^2) da seção transversal da peça comprimida da estrutura é igual a aproximadamente 15% do valor do esforço de compressão em (kN):

$$A_g(cm^2) \geq 15\% \times N(kN).$$

4.5 Aplicação do modelo na Torre de Lucio Costa

Tomando como modelo, novamente, o croqui da Torre de TV desenhado por Lucio Costa e aplicando os parâmetros desenvolvidos na Seção 4.4 podemos obter simplificadamente, a força do vento para fins de pré-dimensionamento, conforme proposto no modelo inicial (Figura 105), da seguinte forma:

V_0 ... Velocidade Básica do Vento no DF = 35,0 m/s (Figura 96)

$$H = 217,0m; \quad \phi = 0,15 \quad e \quad A = \frac{192,00m \times 23,42m}{2} = 2.248,32 m^2$$

$$F_v = \frac{1,253 \times V_0^2 \times (\emptyset \times A)}{1.000} = \frac{1,253 \times 35,0^2 \times (0,15 \times 2.248,32)}{1.000} = 517,65 \text{ kN}$$

$$x_r = 0,54 \times H = 0,54 \times 192,0\text{m} = 103,7\text{m}$$

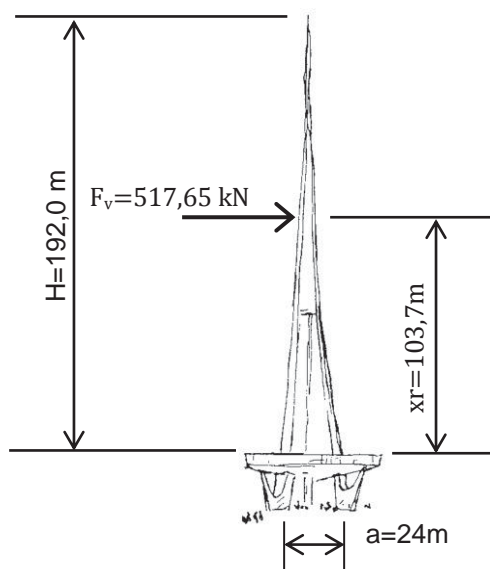
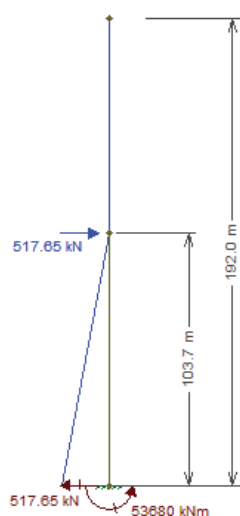


Figura 105 – Força resultante aplicada no croqui de Lucio Costa (Fonte:Autor)

O esforço normal máximo de compressão que atua na estrutura pode ser calculado a partir da expressão do momento fletor de uma viga de substituição isostática, engastada e livre (Figura 106), conforme mostrado na Seção 4.2:



$$N = \frac{M_f}{a} = \frac{517,65\text{kN} \times 103,7\text{m}}{24\text{m}}$$

$$N = \frac{53.680 \text{ kNm}}{24} = 2.237 \text{ kN}$$

Figura 106 – Esforço de compressão (Fonte: Autor)

Outra maneira de se obter o esforço de compressão na barra, mais aproximada e rápida que a anterior, é feita a partir do gráfico da Figura 103 e do ábaco proposto na Figura 104, considerando a altura desejada da torre (H em “m”) e a velocidade básica do vento (V_0 em “m/s”) do local da obra:

$$H = 192,0m \xrightarrow{\text{Figura 103}} \frac{H}{a} = 8$$

$$V_0 = 35,0 \frac{m}{s} \text{ e } \frac{H}{a} = 8 \xrightarrow{\text{Figura 104}} N = 2.500 \text{ kN}$$

Resultado 12% superior à proposta analítica da Figura 106. O valor da área bruta da seção transversal da peça comprimida (A_g), para fins de pré-dimensionamento da estrutura, pode ser obtido conforme descrito na Seção 4.4:

$$A_g \geq 15\% \times N = 15\% \times 2.500 \text{ kN} = 375 \text{ cm}^2$$

A estrutura metálica executada para a Torre de TV de Brasília, projetada pelo engenheiro Paulo Fragoso, apresenta na sua base um total de 6 (seis) pilares (Figura 107), cada um com uma seção transversal composta por três barras circulares maciças com 105mm (4 1/8”) de diâmetro unidas por uma chapa de aço de espessura de 16mm (5/8”). Calculando a área de um conjunto formado por 2 (dois) pilares, teríamos o valor de aproximadamente 519cm², 38% acima do valor estimado no modelo aproximado.

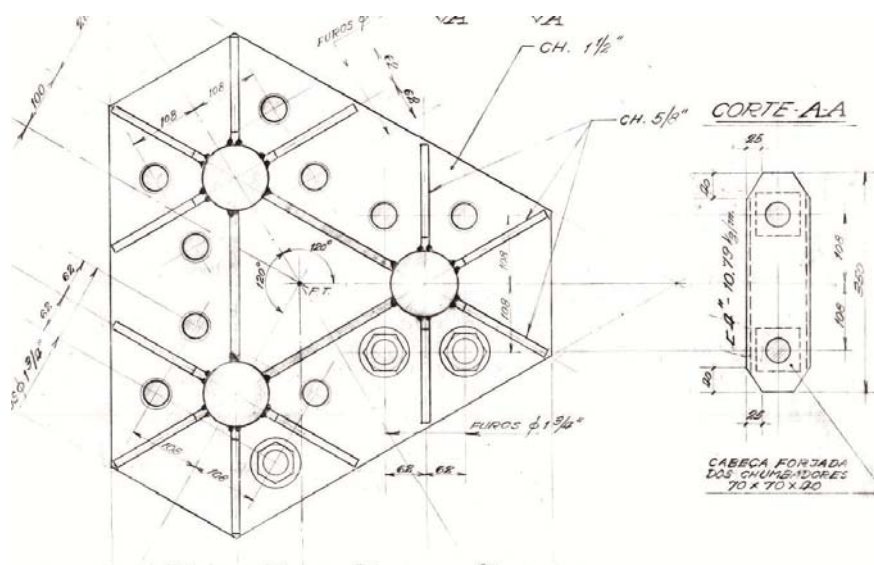


Figura 107 – Detalhe da seção dos pilares na base da torre (Fonte: ArpDF)

4.6 Considerações Finais

Obras convencionais, construídas com tecnologias tradicionais e desenvolvidas a partir de um conhecimento criado pela repetição, possuem critérios de pré-dimensionamento bem eficientes. Outras, com características únicas ou especiais, precisam de modelos simplificados que representem, aproximadamente, a intenção inicial da forma arquitetônica para auxiliar no pré-dimensionamento.

Tais modelos são construídos a partir de parâmetros teóricos utilizados em obras semelhantes e precisam ser continuamente calibrados para que o seu uso reflita cada vez mais a realidade. Devem ter como característica principal a simplicidade, pois se baseiam em análises aproximadas que serão verificadas posteriormente em um dimensionamento mais elaborado. Essa metodologia é chamada de análise qualitativa.

A proposta desenvolvida a partir da Seção 4.4 é fazer a análise qualitativa de estruturas verticais, utilizando duas definições iniciais: a altura da estrutura e o local da obra, que determinará a velocidade básica do vento (V_0). O resultado final será o uma área mínima para a seção transversal (A_g) que atenda aos esforços de projeto no elemento mais solicitado (Gráfico 1).

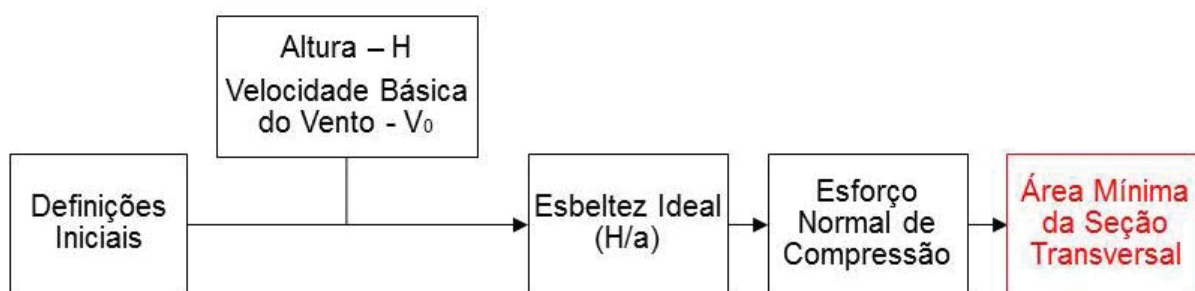


Gráfico 1 – Fluxograma da análise qualitativa proposta (Fonte: Autor)

Lucio Costa propôs para a Torre de TV uma estrutura composta por três barras inclinadas, apoiadas no embasamento de concreto, contraventadas no mirante e convergentes no topo (Figura 105). A aplicação da metodologia orientou a utilização de uma área superior a $375,0\text{cm}^2$, que poderia ser obtida com a utilização de perfis tubulares, devidamente enrijecidos, e fabricados com espessuras de chapas que resultassem em áreas superiores a essa.

A análise qualitativa, assim aplicada, tem como benefício oferecer, rapidamente, um suporte técnico para as decisões a serem tomadas no projeto. Mas é na aplicação contínua da metodologia e sua comparação com o resultado da obra, que o modelo será calibrado, ou seja, aproximará os seus números da realidade da obra e aumentando a segurança das informações obtidas.

Muitas vezes, modelos propostos para pré-dimensionamentos estão baseados em apenas um tipo de estado limite, o Último (ELU), que leva em conta a ruína da peça ou o de Serviço (ELS) que avalia, por exemplo, os deslocamentos da estrutura. É importante que o processo de calibração adapte os parâmetros de cálculo para a realidade da obra e consiga atender, simultaneamente, aos dois critérios de dimensionamento.

5 Avaliação da Estrutura da Torre de TV

5.1 Introdução

Este capítulo mostra as condições atuais da estrutura da Torre de TV, através de vistorias feitas no local e com o uso da metodologia GDE/UnB para a quantificação do grau de deterioração de estrutura de concreto armado, na sua versão modificada por Fonseca (2007). Apresenta-se uma proposta de adaptação dessa metodologia para a avaliação das condições da estrutura metálica da Torre.

5.2 Princípios gerais de avaliação

Durante muito tempo, a preocupação primordial do projeto estrutural estava relacionada à capacidade resistente com o atendimento dos materiais às exigências mecânicas. Com o uso da edificação e o aparecimento de problemas sob condições ambientais esperadas, passou-se ao estudo de soluções preventivas que possibilitassem um tempo maior de manutenção das características originais do projeto.

Essas práticas foram também motivadas pelo custo elevado das ações de recuperação das estruturas com perda de desempenho, abrindo um novo campo de atividades na construção civil denominado de patologia das construções. O termo retirado da área da saúde significa o estudo das doenças e envolve desde o conhecimento de suas origens, até o desenvolvimento das técnicas de reparos. Assim, patologia é a ciência que estuda e tenta explicar todos os mecanismos de degradação da construção, enquanto manifestações patológicas são os sintomas apresentados pela edificação, o que se enxerga durante um processo de vistoria (Medeiros, 2011).

A análise da deterioração existente na estrutura da edificação depende, fundamentalmente, do entendimento da origem e das causas do problema. A origem da manifestação patológica pode estar associada com uma ou mais fases da edificação, que inclui a etapa de projeto, de execução e de manutenção das características originais.

As causas do problema estão relacionadas com as condições de exposição da edificação, dos tipos de solicitações que a estrutura está submetida e das características de seus materiais componentes. A ocorrência pode também ser fruto de uma combinação de ações simultâneas.

Andrade (2005) ressalta que as edificações são compostas por subsistemas interligados e a perda de desempenho de um deles relaciona-se diretamente com o mau comportamento de outros elementos. Assim, a avaliação de estruturas envolve também a análise de todos os demais subsistemas envolvidos: vedações, pavimentações, revestimentos, coberturas, esquadrias e instalações.

O tempo de exposição dos elementos estruturais é um importante fator para análise de uma determinada patologia, originando o conceito de vida útil, entendido como o período em que a edificação mantém uma aparência aceitável, sem a necessidade de elevados custos de manutenção e reparo.

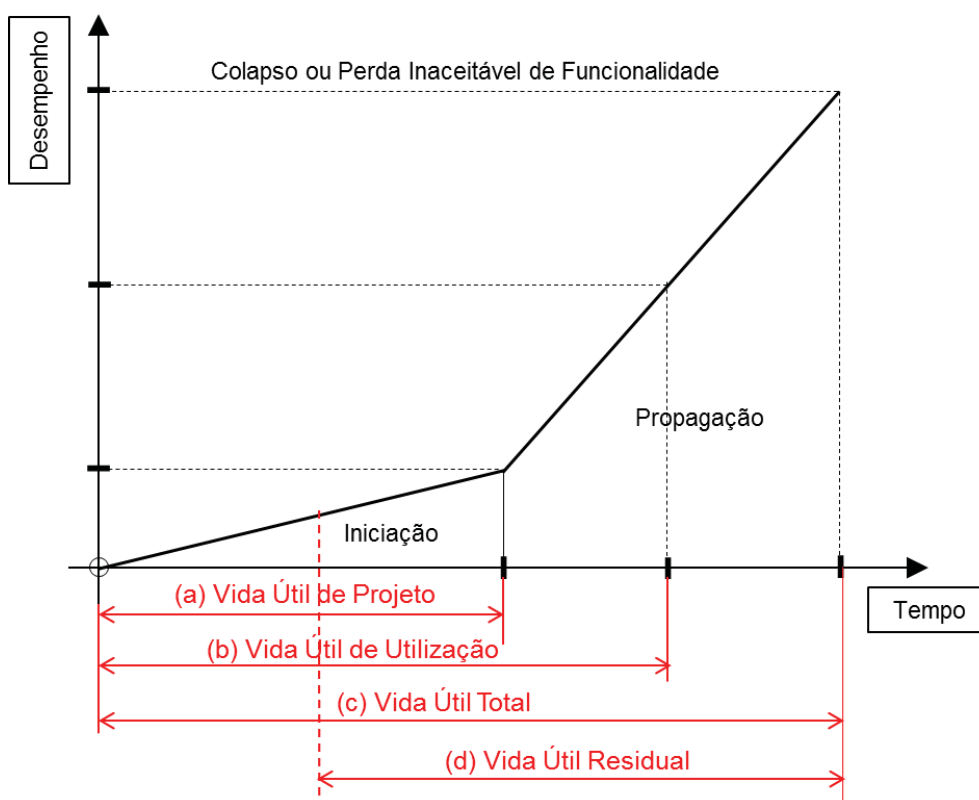


Figura 108 – Vida útil das estruturas (Andrade, 2005)

Com o objetivo de prever a vida útil de uma determinada estrutura, atingida por um mecanismo genérico de degradação e fornecer informações sobre as possíveis

mudanças que irão ocorrer ao longo do tempo, Helene (1993) propôs um modelo qualitativo, caracterizado pelos seguintes estágios de desenvolvimento (Figura 108):

- a) Vida Útil de Projeto, ou período de iniciação, quando os agentes agressivos estão em atuação, mas a estrutura não apresenta danos efetivos;
- b) Vida Útil de Utilização, quando os efeitos dos agentes agressivos começam a se manifestar;
- c) Vida Útil Total: corresponde ao colapso total ou parcial da estrutura;
- d) Vida Útil Residual: período de tempo que a estrutura será capaz de desenvolver as suas funções, contado a partir de uma vistoria.

A vida útil de uma estrutura, além de suas características próprias, depende também do comportamento de elementos não estruturais, como dos sistemas impermeabilizantes e das juntas de dilatação, que merecem uma atenção especial para não prejudicarem o conjunto.

Assim, conforme a definição de Clímaco (2005), a estrutura de uma edificação é considerada segura quando atende, simultaneamente, aos seguintes requisitos:

- a) Mantém durante a sua vida útil as características originais do projeto, a um custo razoável de execução e manutenção.
- b) Em condições normais e previstas de utilização, não apresenta sinais de alarme que possam causar inquietação aos seus usuários.
- c) Em situações não previstas apresenta nítidos sinais de aviso de eventuais estados de perigo.

As normas técnicas têm procurado dar mais ênfase à manutenção dessa condição segura das estruturas. A NBR 6118(2003) - Projeto de Estruturas de Concreto Armado (Procedimento) define durabilidade como a capacidade da estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante.

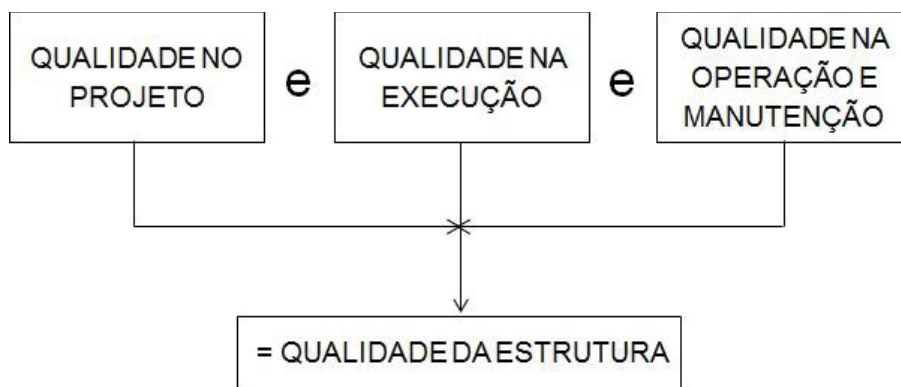


Figura 109 – A qualidade da estrutura de concreto (Neto, 2005)

É relevante, portanto, a qualidade do projeto estrutural na durabilidade da obra, que deve considerar tanto as condições arquitetônicas e de integração com os outros projetos complementares, como questões funcionais e construtivas. Porém, a longevidade da estrutura vai depender da elaboração de um programa de inspeção e manutenção, adequado à utilização da edificação (Figura 109).

As inspeções devem ser feitas em intervalos regulares ou, extraordinariamente, quando necessário, orientadas por listas padronizadas que criem um roteiro lógico para avaliação da estrutura e de seus componentes, considerando as formas de manifestação patológicas esperadas e também as reclamações dos usuários da edificação.

A Federação Internacional de Protensão (FIP, 1988) estabeleceu em 1988 um procedimento direcionado à inspeção em estruturas de concreto armado e protendido (apud Fonseca, 2007), contendo intervalos de tempos para as inspeções estruturais, definidos por categorias que combinam a classe da estrutura com os tipos de condições ambientais e de carregamento, conforme Tabela 6:

a) Categorias de inspeção:

Rotineira - realizada a intervalos regulares, com planilhas específicas da estrutura, elaboradas conjuntamente pelos técnicos responsáveis por projetos e manutenção;

Extensiva - realizada a intervalos regulares, alternadamente com as rotineiras, objetivando investigações mais minuciosas dos elementos e das características dos materiais componentes da estrutura;

Especial - realizada em situações não usuais, indicadas por inspeções rotineiras ou extensivas, ou por causas acidentais envolvendo comprometimento de segurança ou funcionalidade.

b) Classes de estrutura:

Classe 1 - onde a ocorrência de uma ruptura possa ter consequências catastróficas e/ou onde a funcionalidade da estrutura é de vital importância para a comunidade;

Classe 2 - onde a ocorrência de uma ruptura possa custar vidas e/ou onde a funcionalidade da estrutura é de considerável importância;

Classe 3 - onde é improvável que a ocorrência de uma ruptura possa levar a consequências fatais e/ou onde um período com a estrutura fora de serviço possa ser tolerado.

c) Tipos de condições ambientais e de carregamento:

Muito severa - ambiente agressivo, carregamento cíclico e possibilidade de fadiga;

Severa - o ambiente é agressivo, com carregamento estático, ou o ambiente é normal, com carregamento cíclico e possibilidade de fadiga;

Normal – o ambiente é normal, com carregamento estático.

Tabela 6 – Intervalos de inspeção em anos – FIP 1998 (apud Fonseca, 2007).

Condições Ambientais e de Carregamento	Classes de Estruturas					
	1		2		3	
	Inspeção Rotineira	Inspeção Extensiva	Inspeção Rotineira	Inspeção Extensiva	Inspeção Rotineira	Inspeção Extensiva
Muito Severa	2*	2	6*	6	10*	10
Severa	6*	6	10*	10	10*	-
Normal	10*	10	10*	-	**	**

* intercalada entre inspeções extensivas, ** apenas inspeções superficiais.

Segundo a NBR 5674(1999) – Manutenção de Edificações (Procedimento), os relatórios de inspeção devem orientar as manutenções para minimizar os custos com serviços não planejados, evitando que o prédio ou parte dele seja retirado de serviço antes do cumprimento de sua vida útil projetada.

A NBR 5674 (1999) indica também que as inspeções devem seguir um roteiro lógico. Clímaco e Nepomuceno (2006) propuseram dividir o processo de avaliação nas seguintes etapas: inspeção visual, levantamento do histórico da obra, estudo dos registros disponíveis, consideração dos fatores ambientais e análise do comportamento estrutural.

5.3 Metodologia para Avaliação da Estrutura de Concreto Armado

Será feita uma avaliação quantitativa do grau de deterioração da estrutura de concreto armado da Torre de Televisão, utilizando a metodologia GDE/UnB, desenvolvida na dissertação de mestrado de Castro (1994) que tomou como ponto de partida o trabalho de Klein (apud Castro,1994) para verificação de estruturas de obras de arte.

A metodologia foi calibrada em trabalhos posteriores, sofrendo modificações por Lopes (1998), Boldo (2002), Santos Júnior (2004), Fonseca (2007) e Moreira (2007), considerando as disposições normativas da NBR 6118/2003, referentes à durabilidade de estruturas de concreto e a realidade das edificações estudadas.

Segundo Clímaco e Nepomuceno (2006), o objetivo da metodologia é criar um programa de inspeções periódicas que definam as ações necessárias para garantir as características de segurança, funcionalidade e estética de uma edificação, auxiliando na tomada de decisões quanto à manutenção e recuperação da estrutura de concreto.

O presente trabalho utilizará a metodologia a partir de sua última modificação. A Figura 110 mostra o fluxograma detalhado da metodologia GDE/UnB apresentado por em 2002 por Boldo (apud Fonseca, 2007).

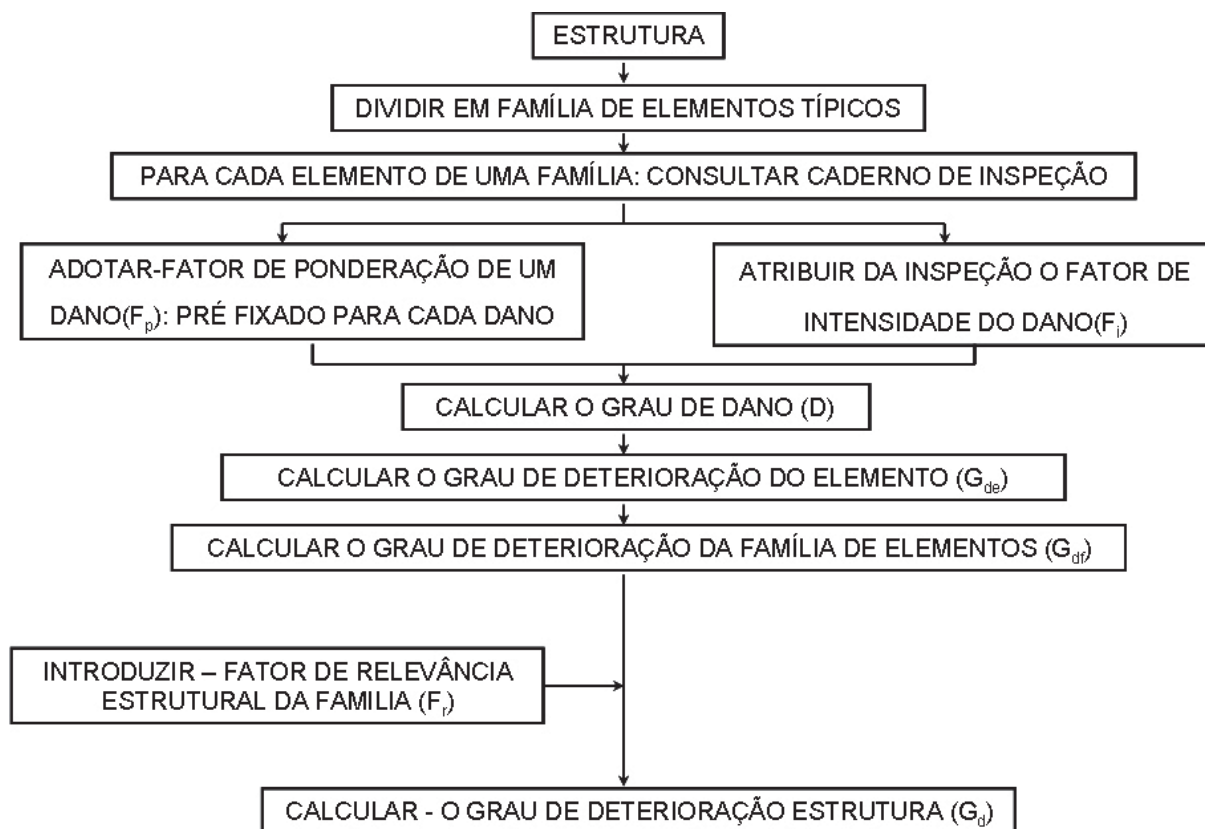


Figura 110 – Fluxograma para avaliação do grau de deterioração de estruturas de concreto da metodologia GDE/UnB, descrito por Boldo (apud Fonseca, 2007)

Segundo Fonseca (2007), a aplicação da metodologia exige representações gráficas da estrutura que permitam localizar os elementos vistoriados. É também de grande valia uma documentação fotográfica da inspeção para auxiliar no processo de avaliação.

Os elementos estruturais serão então agrupados em famílias, relacionando seus danos mais frequentes com os seus respectivos fatores de ponderação (F_p) que são pré-fixados numa escala de 1 a 5. O fator F_p é responsável por quantificar a importância relativa de cada dano do elemento nas condições gerais da obra. Para facilitar o processo, a metodologia GDE/UnB (Fonseca, 2007) apresenta em seu roteiro de inspeção uma tabela contendo a tipologia dos principais tipos de fissuras que ocorrem em estruturas de concreto armado, considerando aspectos de projeto e execução (Tabela 7).

Tabela 7 – Tipologias de fissuras no concreto armado (Fonseca, 2007)

Fissuras*	Descrição	Croquis	F _p	ERROS DE PROJETO/EXECUÇÃO OU CARGAS EXCESSIVAS				
				Fissuras*	Descrição	Croquis	F _p	
de flexão em vigas	- normais ao eixo, em trechos de momento fletor elevado e com boa aderência aço-concreto		4	ESTADO PLÁSTICO	de retração plástica do concreto	- comuns em lajes e paredes - paralelas, superficiais e afastadas de 0,3 a 1 m.		2
de força cortante - flexão em vigas	- inclinadas nas duas faces - podem entrar na zona de compressão e se dirigir aos apoios		4		de assentamento do concreto	- acompanham as armaduras - em pilares, ficam abaixo dos estribos; - interagem com armaduras vizinhas		3
de cortante, momentos de torção e flexão em vigas	- inclinadas em uma face - na face oposta: menor abertura e inclinação		4		de movimentação de fôrmas	- indicam mau posicionamento, má fixação ou resistência insuficiente de fôrmas e escoramentos		3
de flexo-tração em pilares	- normais ao eixo do pilar na face tracionada - paralelas ao eixo na face comprimida, podem indicar esmagamento do concreto - mais próximas de extremidade com maior momento		5		ESTADO ENDURECIDO	de retração do concreto por secagem	- vigas podem ocasionar fissuras nos pilares e vice-versa, por diferenças de rigidez (a) - aspecto de mosaico em lajes e paredes, podendo aparecer em ambas as faces (b) - indicam restrição de movimentos - profundidade reduzida - aberturas de 0,1 a 0,2 mm	
de compressão	- paralelas ao eixo e convergindo para o centro nas proximidades de ruptura - indicam espaçamento excessivo ou deslocamento de estribos		5	mapeadas		- mais visíveis em superfícies lisas de lajes e paredes - abertura e extensão reduzidas - indicam desempenho excessivo. - danos apenas estéticos, em geral		2
de carga concentrada em área reduzida	- comuns em apoios de pontes, estruturas pré-moldadas e apoios indiretos - indicam armadura deficiente de fretagem e mau detalhamento		3	de variações de temperatura		- em geral, normais ao eixo de elementos lineares - indicam restrição de movimento por mau funcionamento de juntas de dilatação e/ou sua inexistência		3
em apoios do tipo gerber (vigas e pilares)	- comuns em pontes e estruturas pré-moldadas - indicam deficiência de aparelhos de apoio e/ou detalhamento inadequado		3					
de flexão em lajes	- na face inferior, paralelas aos vãos com continuidade ou vãos maiores, se estendendo em direção aos cantos - na face superior, paralelas aos e bordos com continuidade		4					
de momentos volventes	- em cantos de lajes extremas, podendo abrir nas duas faces - influenciadas por variações de temperatura e retração		3					
de punção	- traçado circular e/ou radial em torno do pilar		5					

Durante a inspeção será atribuído um fator de intensidade (F_i) para classificar a gravidade e evolução de dano em um determinado elemento, seguindo uma escala de 0 a 4, conforme abaixo:

- elementos sem lesões – $F_i=0$;
- elementos com lesões leves – $F_i=1$;
- elementos com lesões toleráveis – $F_i=2$;
- elementos com lesões graves – $F_i=3$;
- elementos em estado crítico – $F_i=4$.

Como metodologia, cada elemento estrutural é vistoriado com o auxílio de uma planilha contendo os principais danos, os respectivos fatores de ponderação, de intensidade e o acompanhamento fotográfico (Figura 111).

Família		PILARES			
Nome do Elemento					
Danos		F _p	F _i	D	Croqui/Observação
1	carbonatação	3			
2	cobrimento deficiente	3			
3	contaminação por cloretos	4			
4	corrosão de armaduras	5			
5	desagregação	3			
6	desplacamento	3			
7	desvio de geometria	4			
8	eflorescência	2			
9	falhas de concretagem	3			
10	fissuras	2 a 5*			
11	manchas	3			
12	recalque	5			
13	sinais de esmagamento	5			
14	umidade na base	3			

* Conforme classificação tipológica das fissuras em elementos estruturais de concreto armado

Figura 111 – Planilha de inspeção conforme a metodologia GDE/UnB

O grau de dano (D) em cada elemento estrutural é calculado em função do fator de ponderação (F_p) e do seu respectivo fator de intensidade (F_i), conforme as seguintes expressões:

$$\begin{cases} D = 0,8 \times F_p \times F_i & \text{para } F_i \leq 2,0 \\ D = (12 \times F_i - 28) \times F_p & \text{para } F_i > 2,0 \end{cases}$$

A partir de grau do dano do elemento (D) é possível obter o seu grau de deterioração (G_{de}), e tomando-se com base os valores de G_{de} ≥ 15, obtêm-se o valor do grau de deterioração da família de elementos (G_{df}):

$$G_{de} = D_{máx} \times \left[1 + \frac{\sum_{i=1}^n D_i - D_{máx}}{\sum_{i=1}^n D_i} \right]$$

$$G_{df} = G_{de\ máx} \times \left[1 + \frac{\sum_{i=1}^n G_{de\ i} - G_{de\ máx}}{\sum_{i=1}^n G_{de\ i}} \right]$$

O grau de deterioração da estrutura (G_d) pode ser, finalmente, obtido através da análise do grau de deterioração de cada família de elementos relacionadas na inspeção:

$$G_d = \frac{\sum_{i=1}^n (F_{r\ i} \times G_{df\ i})}{\sum_{i=1}^n F_{r\ i}}$$

Sendo que o fator de relevância estrutural (F_r) é definido na metodologia conforme os valores abaixo:

- a) Elementos de composição arquitetônica: F_r=1,0;

- b) Reservatório superior: $F_r=2,0$;
- c) Escadas, rampas, reservatório inferior, cortinas e juntas: $F_r=3,0$;
- d) Lajes, fundações, vigas secundárias e pilares secundários: $F_r=4,0$;
- e) Vigas e pilares principais: $F_r=5,0$.

A metodologia GDE/UnB (Fonseca, 2007) determina através do grau de deterioração da estrutura (G_d) as ações a serem adotadas (Figura 112):

Gd	Nível de Deterioração	Ações a Serem Adotadas
0-15	Baixo	Estado aceitável. Manutenção preventiva.
15-50	Médio	Definir prazo e natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em longo prazo, no máximo em 2 anos.
50-80	Alto	Definir prazo e natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em médio prazo, no máximo em 1 ano.
80-100	Sofrível	Definir prazo e natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo, no máximo em 6 meses.
>100	Crítico	Inspeção especial emergencial. Planejar intervenção imediata.

Figura 112 – Ações a serem adotadas conforme a metodologia GDE/UnB

5.3.1 Identificação da Estrutura

O roteiro proposto pela metodologia GDE/UnB se inicia com a ficha descritiva da estrutura, apresentada abaixo, considerando apenas a projeção da Torre sem a área destinada às estações de rádio:

- a) Nome:
Torre de Rádio e Televisão de Brasília.
- b) Localização:
Eixo Monumental, Brasília-DF.
- c) Tipologia:
A estrutura é formada por 4 (quatro) pavimentos, subsolo, térreo, pavimento superior e cobertura, todos de planta triangular de lado 50,0m.
- d) Área Total da Estrutura:
4.330,13 m².
- e) Idade:
A estrutura de concreto armado da Torre ficou pronta em 1960, tendo, portanto, 50 anos desde a data de execução.

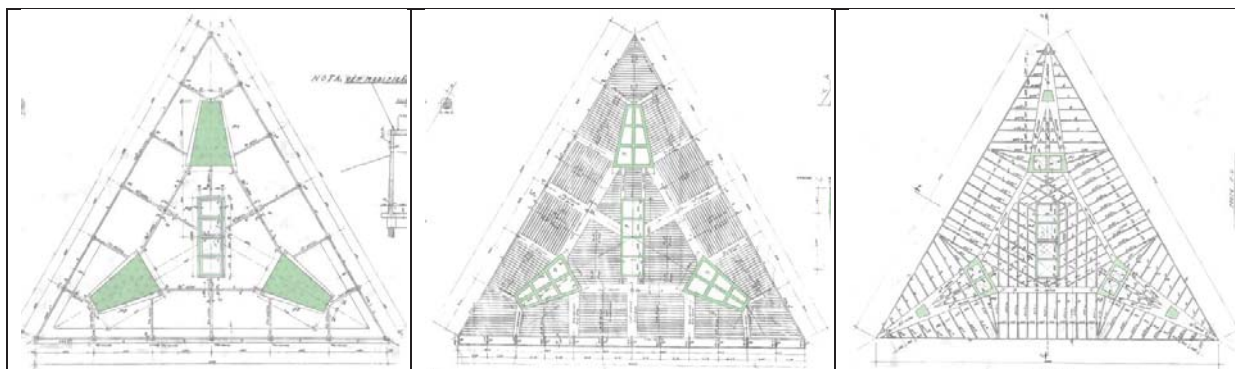


Figura 113 – Plantas de forma do subsolo, térreo e superior (fonte ArPDF)

f) Sistema Executivo:

Estrutura de concreto armado moldado no local, tendo como modelo lajes que se apoiam em nervuras de seção variável, constituindo um conjunto de grelhas planas apoiadas nas vigas principais que saem dos pilares da Torre e formam o núcleo rígido da edificação (Figura 113 e Figura 114). O cobrimento adotado para as vigas e pilares foi de 15 mm, conforme observado no detalhe típico de armação da Figura 115, para uma viga com seção transversal de 80cmx175cm.

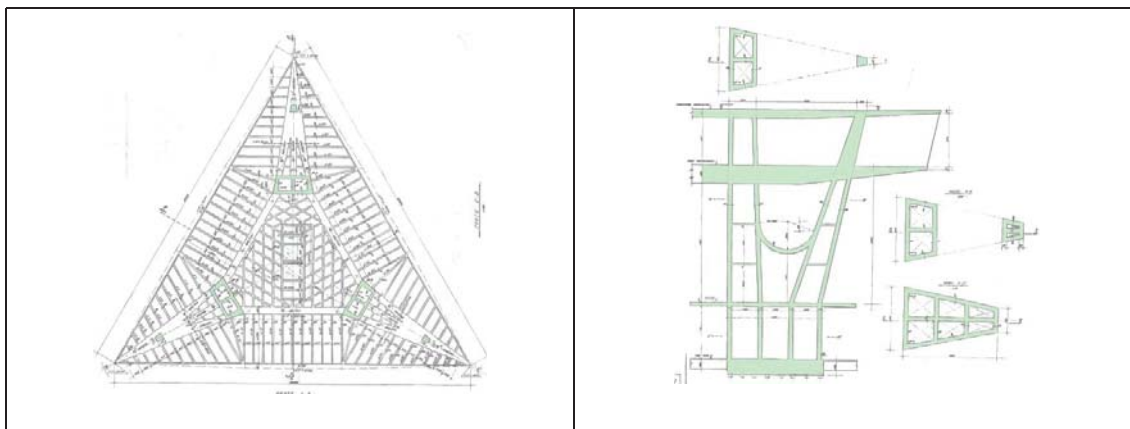


Figura 114 – Planta de forma da cobertura e cortes da estrutura (fonte ArPDF)

g) Data de inspeções:

A estrutura passou por uma detalhada inspeção, feita pela empresa Concremat Engenharia e Tecnologia SA, em 2009.

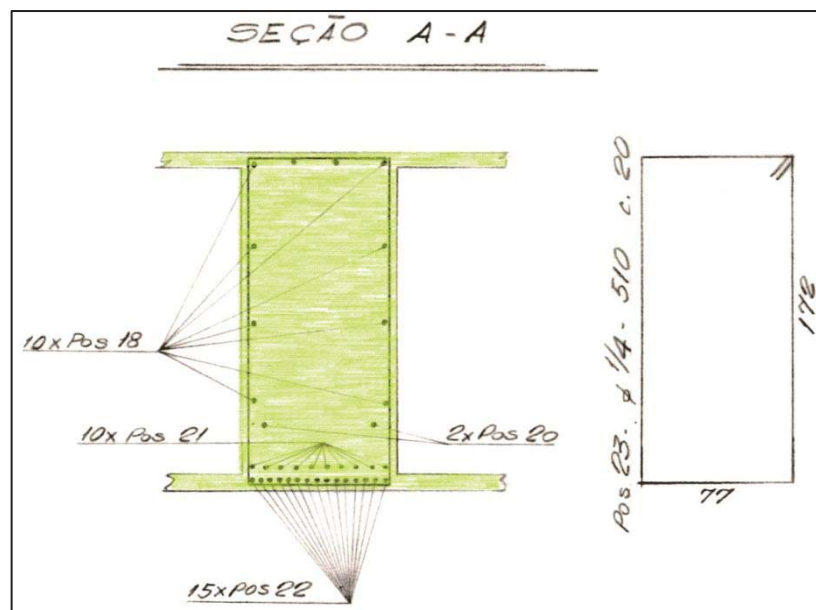


Figura 115 – Detalhe de armação de viga (fonte ArPDF)

5.3.2 Aplicação da Metodologia

Segundo NBR 6118:2003 item 6.4, a agressividade do meio ambiente está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto, independentemente das ações mecânicas, das variações volumétricas de origem térmica, da retração hidráulica e outras previstas no dimensionamento das estruturas de concreto.

Seguindo a classificação do tipo de ambiente para efeitos de projeto proposta pela NBR 6118:2003, Tabela 6.1, percebe-se que a Torre de TV de Brasília se enquadra, hoje, em uma Classe de Agressividade Ambiental II, de característica moderada e com pequeno risco de deterioração da estrutura.

A classe de agressividade ambiental da estrutura é um fator importante para determinar, conforme prescrito pela NBR 6118:2003, as características do concreto a ser utilizado. Para classe II, a norma determina em sua Tabela 7.1 o uso de uma classe de concreto maior ou igual a C25 e relação água cimento (em massa) menor ou igual a 0,60, além de definir o cobrimento nominal de 30 mm para vigas e pilares, e de 25 mm para lajes.

A Tabela 8 relaciona as características do concreto utilizado na obra da Torre de TV de Brasília em 1960, e as especificações atuais definidas pela NBR 6118:2003, conforme a classe de agressividade ambiental da estrutura.

Tabela 8 – Relação dos materiais utilizados na obra da Torre de TV em 1960 e a atual especificação da NBR 6118:2003

Elementos Estruturais	Características do concreto utilizado em 1960 na Torre de TV			Especificações atuais, definidas pela NBR 6118:2003, classe II		
	Cobrimento	Resistência	Relação a/c	Cobrimento	Resistência	Relação a/c
Lajes	10 mm	Não definido em projeto	Não definido em projeto	25 mm	≥ 25 MPa	≤ 0,60
Vigas	15 mm			30 mm		
Pilares	15 mm			30 mm		

Apesar de não fornecida no projeto, dada a época da obra, estima-se que a resistência do concreto utilizado na estrutura da Torre tenha resistência inferior a 15,0 MPa. Pode-se verificar, além do aumento da resistência mínima do concreto, provocada pela evolução das propriedades do cimento, uma maior preocupação da norma com a durabilidade da estrutura, ainda na fase de projeto, associada, principalmente, pelo aumento do cobrimento dos elementos estruturais e por uma imposição formal da relação água e cimento.

As inspeções realizadas na estrutura de concreto armado da Torre mostraram situações semelhantes nos elementos estruturais de uma mesma família, pilares, vigas, lajes e cortinas. Assim, seguindo a Metodologia GDE/UnB (Fonseca, 2007), foram agrupados os diversos elementos em uma única tabela, contendo os danos possíveis e os respectivos coeficientes de ponderação (F_p), intensidade (F_i) e dano (D), para obtenção do grau de deterioração (G_{de}) que irá caracterizar toda a família do elemento.

A Tabela 9,

Tabela 10 e a Tabela 11 apresentam a avaliação da família de pilares, vigas e cortinas, respectivamente, demonstrando o estado aceitável com nível de

deterioração baixo, mas recomendando a manutenção preventiva dos elementos estruturais componentes dos grupos analisados.

Tabela 9 – Planilha de avaliação de pilares

Família		PILARES				
Nome do Elemento		pilares				
Danos		Fp	Fi	D	Croqui/Observação	
1	carbonatação	3	0	0,0	(1) os pilares do pilotis possuem uma argamassa de revestimento que encontra-se trincada em alguns pontos. (2) Há uma concentração de excrementos de pombos no topo dos pilares do pilotis.	
2	cobrimento deficiente	3	2	4,8		
3	contaminação por cloretos	4	0	0,0		
4	corrosão de armaduras	5	0	0,0		
5	desagregação	3	0	0,0		
6	desplacamento	3	0	0,0		
7	desvio de geometria	4	0	0,0		
8	eflorescência	2	0	0,0		
9	falhas de concretagem	3	0	0,0		
10	fissuras	2	0	0,0		
11	manchas	3	0	0,0		
12	recalque	5	0	0,0		
13	sinais de esmagamento	5	0	0,0		
14	umidade na base	3	0	0,0		
				D(máx)	4,8	Gde< 15
				Gde (grau de deterioração do elemento)	4,8	Estado Aceitável. Manutenção Preventiva.

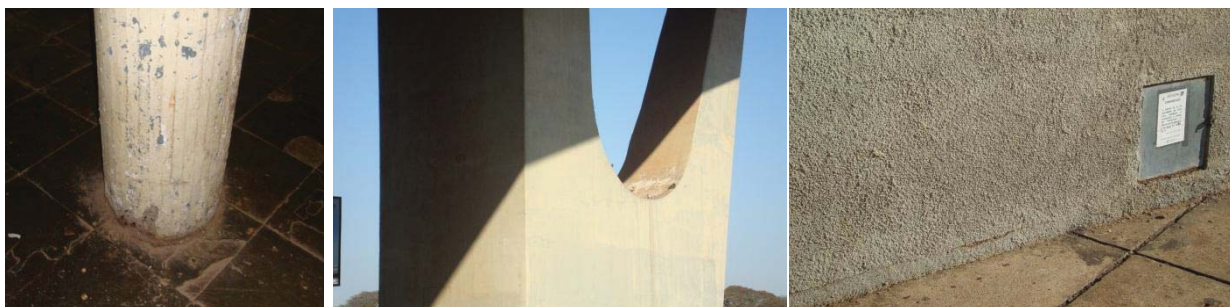


Tabela 10 – Planilha de avaliação de vigas

Família		VIGAS				
Nome do Elemento		vigas				
Danos		Fp	Fi	D	Croqui/Observação	
1	carbonatação	3	0	0,0	(1) as vigas do subsolo não puderam ser vistoriadas por estarem sob o piso, e na cobertura, foi vistoriado apenas o ponto aonde o forro estava aberto. (2) os deslocamentos em vigas devem-se às fixações de elementos de instalações.	
2	cobrimento deficiente	3	1	2,4		
3	contaminação por cloretos	4	0	0,0		
4	corrosão de armaduras	5	0	0,0		
5	desagregação	3	0	0,0		
6	desplacamento	3	1	2,4		
7	desvio de geometria	3	1	2,4		
8	eflorescência	2	0	0,0		
9	falhas de concretagem	2	0	0,0		
10	fissuras	2	1	1,6		
11	manchas	3	0	0,0		
12	flechas	5	0	0,0		
13	sinais de esmagamento	4	0	0,0		
14	umidade	3	2	4,8		
				Valor de D(máx)	4,8	Gde< 15
				Gde (grau de deterioração do elemento)	7,9	Estado Aceitável. Manutenção Preventiva.



Tabela 11 – Planilha de avaliação de cortinas

Família		CORTINAS			
Nome do Elemento		cortinas			
Danos		Fp	Fi	D	Croqui/Observação
1	carbonatação	3	0	0,0	(1) as cortinas só puderam ser vistoriadas em suas faces internas e não foram constatados pontos de infiltração.
2	cobrimento deficiente	3	1	2,4	
3	contaminação por cloretos	4	0	0,0	
4	corrosão de armaduras	5	0	0,0	
5	desagregação	3	0	0,0	
6	desplacamento	3	0	0,0	
7	desvio de geometria	3	0	0,0	
8	eflorescência	2	0	0,0	
9	falhas de concretagem	2	0	0,0	
10	fissuras	2	0	0,0	
11	manchas	3	0	0,0	
12	deslocamento por empuxo	5	0	0,0	
13	sinais de esmagamento	5	0	0,0	
14	umidade	3	0	0,0	
Valor de D(máx)				2,4	Gde < 15
Gde (grau de deterioração do elemento)				2,4	Estado Aceitável. Manutenção Preventiva.

A Tabela 12 representa a avaliação das lajes e mostra uma preocupação maior com as condições desses elementos estruturais, com nível de deterioração alto, indicando a necessidade de um planejamento de médio prazo (máximo 1 ano) para execução de medidas corretivas, principalmente, relacionadas com a umidade das lajes por deficiência na camada impermeabilizante, provocando focos de corrosão nas armaduras da estrutura.

Tabela 12 – Planilha de avaliação de lajes

Família		LAJES			
Nome do Elemento		lajes			
Danos		Fp	Fi	D	Croqui/Observação
1	carbonatação	3	0	0,0	
2	cobrimento deficiente	3	1	2,4	
3	contaminação por cloretos	3	0	0,0	
4	corrosão de armaduras	5	3	40,0	
5	desagregação	3	0	0,0	
6	desplacamento	3	1	2,4	
7	eflorescência	2	3	16,0	
8	falhas de concretagem	2	0	0,0	
9	fissuras	2	1	1,6	
10	manchas	3	3	24,0	
11	flechas	5	0	0,0	
12	umidade	3	3	24,0	
Valor de D(máx)				40,0	Gde < 80
Gde (grau de deterioração do elemento)				65,5	Planejar intervenção em médio prazo.



Considerando, simplificada, a situação dos elementos vistoriados como representação do grau de deterioração das famílias e os seus respectivos coeficientes de relevância (F_r), foi possível obter o grau de deterioração da estrutura $G_d = 18,6$, correspondendo ao nível de deterioração MÉDIO (Tabela 13), o que indica a necessidade de novas inspeções e intervenções em longo prazo, no máximo em 2 (dois) anos.

Tabela 13 – Grau de deterioração (G_d) da estrutura de concreto armado da Torre

Família de Elementos	G_{df}	F_r	$F_r \times G_{df}$
PILARES	4,8	5	24,0
VIGAS	7,9	5	39,5
LAJES	65,5	4	262,0
CORTINAS	2,4	4	9,6
	Total	18	335,2
Gd	18,6	nível de deterioração MÉDIO	

5.4 Metodologia para Avaliação da Estrutura Metálica

O comportamento do aço como material estrutural é bem diferente do concreto armado, gerando, conseqüentemente, sistemas construtivos e manifestações patológicas distintas. Torna-se importante, portanto, uma metodologia específica para avaliação das estruturas metálicas.

Segundo Castro (1999), citando o engenheiro Paulo Alcides Andrade, as principais patologias que ocorrem em estruturas metálicas podem ser divididas em três categorias: adquiridas, transmitidas e atávicas. Tais patologias comprometem a funcionalidade e a segurança da estrutura, e apresentam um elevado custo de reparo.

a) Patologias Adquiridas

São aquelas provenientes da ação de elementos agressivos externos, como: líquidos corrosivos, atmosfera poluída, incêndios e vibrações. São resultantes da falta de tratamento adequado da estrutura ou de deficiência de manutenção.

b) Patologias Transmitidas

São originárias de vícios executivos ou desconhecimento técnico dos profissionais envolvidos no processo de fabricação e montagem das estruturas metálicas. Incluem-se neste grupo as estruturas com deficiência de prumo, a execução de soldas em bases inadequadas, a má colocação de parafusos e a aplicação errada de mastiques em juntas de dilatação passíveis de infiltração de água.

c) Patologias Atávicas ou Hereditárias

São as resultantes da má concepção de projeto, tanto em relação ao modelo estrutural, como ao detalhamento das peças e ligações. Está relacionada também com utilização de materiais inadequados quanto a resistência e a durabilidade da edificação.

Independente da categoria, a corrosão apresenta-se como a patologia mais comum e de maior conhecimento público nas estruturas metálicas. Genericamente, pode-se dizer que representa o inverso do processo siderúrgico, no qual o aço tende a voltar à condição de minério de ferro. O produto da corrosão, porém, não possui as características do material original, provocando, assim, alterações indesejáveis que devem ser evitadas.

A corrosão eletroquímica se caracteriza pela transferência de elétrons de uma superfície anódica para outra catódica através de uma ligação elétrica e um meio eletrólito. Ela ocorre na maioria dos casos de corrosão em estruturas metálicas e para sua ocorrência são necessárias as seguintes condições:

- 1) Presença de água líquida;
- 2) Temperatura relativamente baixa, como a temperatura ambiente;
- 3) Formação de uma pilha eletroquímica.

O aço carbono utilizado na confecção dos perfis de estruturas metálicas apresenta um forte tendência de corrosão em ambiente atmosférico, sendo normalmente utilizado sob uma camada de proteção. O principal problema provocado pela sua corrosão é a perda de seção resistente, causando uma concentração não prevista de tensões e a possibilidade de ruína do elemento estrutural.

Segundo Castro (1999), a corrosão em estruturas metálicas apresenta-se, basicamente, sob duas formas: corrosão uniforme e a corrosão pontual em frestas. O conhecimento dos seus mecanismos de atuação é importante na avaliação da estrutura, pois auxilia na identificação da patologia e nas possíveis medidas de recuperação.

A corrosão uniforme se caracteriza pela presença de uma camada de óxido de ferro pouco aderente em toda a extensão do perfil e a perda idêntica de massa na seção transversal. É a forma mais comum de corrosão, porém, a menos perigosa devido por ser muito visível e de fácil detecção. Ocorre quando se emprega o aço carbono com proteção inadequada, podendo ser agravada por erros de detalhamento que provoquem o acúmulo de água.

Já a corrosão em frestas ocorre em pontos onde existam duas superfícies em contato ou próximas que permitam o acúmulo de líquidos ou materiais e se formam pelo contato de metais com não metais. São perigosas por atuarem em áreas relativamente pequenas da estrutura, sendo difíceis de serem percebidas.

Para Castro (1999), bons projetos devem ter compromisso com a proteção contra corrosão, diminuindo as condições propícias à evolução de um processo eletroquímico. Além disso, devem permitir a aplicação de revestimentos adequados que melhorem o desempenho das estruturas metálicas, devem facilitar as inspeções e as manutenções necessárias.

Com o objetivo de sistematizar a inspeção visual da estrutura metálica da Torre de TV de Brasília e com base na Metodologia GDE/UnB (Fonseca, 2007) para

estruturas de concreto armado, foram definidos itens relacionados com a avaliação dos elementos estruturais de aço, separados em duas famílias: banzos e diagonais/montantes.

Foram adotados fatores de ponderação (F_p) e intensidade (F_i) que permitiram o cálculo do dano (D) com as mesmas considerações propostas para o concreto armado, assim como o grau de deterioração dos elementos - G_{de} (Tabela 14 e Tabela 15).

Tabela 14 – Planilha de avaliação da estrutura metálica – grupo Banzos

Família		ESTRUTURA METÁLICA			
Nome do Elemento		banzos			
Danos		F_p	F_i	D	Croqui/Observação
1	umidade	3	1	2,4	
2	manchas	3	2	4,8	
3	falhas na pintura de proteção	4	2	6,4	
4	deslocamentos excessivos	5	0	0,0	
5	falhas em ligações soldadas	4	0	0,0	
6	falhas em ligações parafusadas	4	1	3,2	
7	desvio de geometria	3	0	0,0	
8	vibrações excessivas	3	0	0,0	
9	abalroamentos	3	0	0,0	
10	corrosão uniforme	5	1	4,0	
11	corrosão em frestas	5	1	4,0	
D(máx)				6,4	Gde < 15
Gde (grau de deterioração do elemento)				11,1	Estado Aceitável. Manutenção Preventiva.



Tabela 15 – Planilha de avaliação da estrutura metálica – grupo Montantes e Diagonais

Familia		ESTRUTURA METÁLICA				
Nome do Elemento		diagonais e montantes				
Danos		Fp	Fi	D	Croqui/Observação	
1	umidade	3	1	2,4		
2	manchas	3	2	4,8		
3	falhas na pintura de proteção	4	2	6,4		
4	deslocamentos excessivos	5	0	0,0		
5	falhas em ligações soldadas	4	0	0,0		
6	falhas em ligações parafusadas	4	1	3,2		
7	desvio de geometria	3	0	0,0		
8	vibrações excessivas	3	0	0,0		
9	abalroamentos	3	0	0,0		
10	corrosão uniforme	5	1	4,0		
11	corrosão em frestas	5	1	4,0		
				D(máx)	6,4	Gde < 15
				Gde (grau de deterioração do elemento)	11,1	Estado Aceitável. Manutenção Preventiva.



Conforme alcançado para o concreto armado, a metodologia simplificada apresentada obteve o grau de deterioração da estrutura metálica, $G_d = 11,1$, representando um estado aceitável, mas com necessidade de manutenções preventivas (Tabela 16).

Tabela 16 – Grau de deterioração (G_d) da estrutura metálica da Torre.

Familia de Elementos	G _{df}	F _r	F _r x G _{df}
BANZOS	11,1	5	55,7
DIAGONAIS E MONTANTES	11,1	4	44,6
Total		9	100,3
G _d	11,1	Estado Aceitável. Manutenção Preventiva.	

5.5 Considerações Finais

O objetivo de se criar uma metodologia de avaliação é fortalecer a prática da manutenção preventiva, mais eficiente e eficaz que as correções pontuais. Quanto

mais vezes a metodologia for aplicada em uma determinada obra, maior será o conhecimento da edificação e mais fácil o entendimento de suas patologias.

A prevenção exige não só continuidade e disciplina na aplicação dos procedimentos de avaliação, como também urgência nas correções necessárias. Isso só pode ser alcançado quando se dispõe de uma equipe de trabalho especializada e conhecedora da edificação.

A Torre de Rádio e Televisão de Brasília é um local de intensa visitação e uso público, é natural o desgaste acentuado de suas instalações. Além disso, as características da obra exigem bastante dos materiais de tratamento que garantem um bom desempenho da estrutura. A prática da prevenção é a única forma de garantir o uso contínuo da edificação, conforme suas características e intenções de projeto.

As aplicações das metodologias de avaliação da estrutura de concreto armado e metálica da Torre comprovaram a eficiência de seus projetos quanto à durabilidade da obra. As patologias encontradas foram provocadas pelo desgaste natural dos materiais de proteção e impermeabilização, ocasionando processos de corrosão tanto nas armaduras como em alguns elementos da estrutura metálica. A maior preocupação está associada à manutenção das instalações do prédio, que apresentam um desgaste elevado devido ao intenso uso público.

É necessário, contudo, o aprimoramento dessas metodologias para que elas possam se aproximar cada vez mais da realidade da edificação. Além disso, há que se avaliar sempre o comportamento da estrutura em função da instalação de novos equipamentos, novas solicitações podem surgir, exigindo outros dimensionamentos. Isso, porém, só será alcançado como o estabelecimento de uma equipe técnica responsável diretamente pela edificação, com atuação contínua e conclusiva.

6 Conclusões e trabalhos futuros

6.1 Introdução

O estudo realizado teve como tema a Torre de Rádio e TV de Brasília, idealizada por Lucio Costa no Relatório do Plano Piloto e projetada por ele durante a construção da nova capital. O trabalho procurou atender aos objetivos propostos no projeto de pesquisa, definidos na Seção 1.3, respondendo primeiramente a questões relativas à importância da Torre no desenho urbano de Brasília e a intenção de Lucio Costa com a obra.

Por ser também baseado em uma obra construída, o trabalho propôs a partir das premissas iniciais de Lucio Costa para a Torre de TV, uma metodologia qualitativa de análise estrutural que facilite as decisões tomadas em projetos similares, durante a fase de concepção da forma arquitetônica.

Em uma terceira etapa, concluindo os objetivos da pesquisa, o trabalho avaliou a situação da obra em função da durabilidade de seus materiais, decorrente de suas opções de projeto e dos detalhes construtivos executados.

6.2 Principais Contribuições

A construção de uma torre alta, além de atender a necessidade de telecomunicação facilitou, através do seu posicionamento, o entendimento da nova capital. Lucio Costa sempre se preocupou com a clareza de sua proposta e com a Torre de TV, ele estabeleceu o outro marco que precisava, que alinhado ao prédio do Congresso Nacional fosse definida escala monumental de Brasília, desenhando o eixo Leste-Oeste da cidade.

Apesar da alegada simplicidade de sua solução, Lucio sempre fez questão de dar um tratamento adequado às partes. A Torre de TV foi proposta como algo monumental, cujo desenho atraísse as pessoas, transformando a área de sua implantação e o espaço de seu piloti na praça de encontro da cidade. Um mirante para visitação pública, posicionado a 75m do solo, foi construído para permitir a visualização de Brasília em uma escala maior e facilitar o seu entendimento.

A Torre de TV era um marco importante na proposta de Lucio Costa para o Plano Piloto da nova capital, pois deveria atender, simultaneamente, a três funções: a urbana, a arquitetônica e a tecnológica. O prédio do Congresso Nacional e o eixo residencial, pela importância de suas obras para o funcionamento da cidade, seriam necessariamente construídos, Lucio se empenhou em garantir também a construção da Torre de TV, pela relevância do projeto na concepção de Brasília.

Assim, ele se envolveu diretamente com o desenvolvimento do projeto de arquitetura da Torre de TV, exigindo eficiência e agilidade nas definições da obra. O tipo de estrutura da Torre, com uma intenção monumental, conforme concebido por Lucio, porém, exigiria um prazo maior para o desenvolvimento do seu projeto.

O embasamento de concreto armado, projetado pelo engenheiro Joaquim Cardozo, seguiu a forma proposta por Lucio, garantida pelas propriedades plásticas do material e pela experiência adquirida por Cardozo em outras obras por ele realizadas em Brasília. E estrutura metálica da Torre, porém, desenvolvida por Paulo Rodrigues Fragoso, seguiu critérios mais racionais, baseados na leveza e nas facilidades de fabricação e montagem.

Paulo Fragoso apresentou dois modelos estruturais para a Torre de TV, ambos focados na diminuição de peso das peças. Lucio, tendo como objetivo maior a conclusão imediata da obra, acatou a segunda proposta de Fragoso, apesar da excessiva esbeltez que caracterizou a forma final. A Torre foi projetada em três trechos – ideia que permitiu maior agilidade na montagem das peças – sendo que os dois últimos, de geometrias mais constantes, foram executados com a intenção de facilitar a instalação das antenas do sistema de telecomunicação.

Porém, mesmo com o empenho de Lucio, a construção da Torre de TV não teve a mesma prioridade de outros monumentos, e a escassez de recursos associada às mudanças políticas ocorridas no Brasil na década de 1960, provocaram uma paralisia nas obras de Brasília, afetando diretamente o conjunto da Torre de TV, contrariando a necessidade urgente de se terminar o projeto.

A esbeltez excessiva da Torre de TV acabou por prejudicar o aspecto monumental de sua arquitetura, falhou nesse objetivo. Porém, mesmo sem a presença marcante da estrutura metálica, admirada mais pelo seu desafio à altura do que por seu desenho arquitetônico, o piloti criado por Lucio no térreo da Torre teve a sua monumentalidade aceita de imediato pela população, que antes mesmo da inauguração da obra, transformou o local na praça de convívio e encontro da nova capital.

A Torre de TV foi inaugurada em 1967, após sete anos de obra. Atingiu de imediato a maioria dos seus objetivos, assumindo sua função como marco urbano de referência para cidade, um símbolo para a nova capital, seu principal ponto de visitação e o local de instalação dos sistemas de telecomunicação de Brasília. Houve carga nos croquis de Lucio para Torre, apesar de sumariamente descrita no Relatório do Plano Piloto, a ideia tinha sido pensada e resolvida antes de ser detalhada para a construção.

A carga que o arquiteto coloca nos seus traços está relacionada com suas experiências, atuando diretamente em projetos semelhantes, ou observando construções existentes com funções similares. A proposta de uma análise estrutural qualitativa é aumentar a carga de um croqui, fornecendo subsídios às intenções do projeto arquitetônico para que a forma final construída se aproxime mais do desenho inicial. A proposta é fazer com que o arquiteto consiga aferir a subjetividade de suas intenções.

Nesse tipo de análise, o entendimento do comportamento estrutural do prédio é feito a partir de modelos simplificados, baseados em estimativas numéricas obtidas em obras existentes. Os números devem representar realidades construídas. Como os croquis de um arquiteto, os modelos também possuem suas cargas, à medida que aproximam o pré-dimensionamento do detalhamento construtivo.

O estudo qualitativo proposto no trabalho foi baseado nas relações de altura (H) e largura (a) proposta por Lucio Costa no croqui da Torre de TV elaborado no Relatório do Plano Piloto. A pesquisa mostrou que o desenho de Lucio já possuía uma carga, vinda de suas próprias referências, como o Trylon, a torre da Feira Mundial de Nova York de 1939. A intenção foi criar uma metodologia, já inicialmente

calibrada por Lucio, mas que pudesse dar mais suporte técnico aos futuros pré-dimensionamentos.

A metodologia propõe a análise qualitativa de estruturas verticais, utilizando duas definições iniciais: a altura da estrutura e o local da obra, que determinará a velocidade básica do vento (V_0). O resultado final será uma área mínima para a seção transversal (A_g) que atenda aos esforços de projeto no elemento mais solicitado.

A análise qualitativa é importante na concepção da estrutura, mas o seu comportamento é muito influenciado pelo detalhamento desenvolvido na fase de projeto. Os detalhes construtivos devem respeitar o modelo teórico proposto e garantir que as características da obra se conservem por um determinado período. Conceitos hoje definidos como durabilidade e vida útil da estrutura, participam das condicionantes do projeto.

A forma mais interessante de se acompanhar o comportamento de um prédio após a sua construção, é através de um processo de inspeção que gere ações preventivas. A pesquisa concentrou-se na avaliação da estrutura da Torre de TV e utilizou a metodologia GDE/UnB desenvolvida para estruturas de concreto, já calibrada em trabalhos anteriores. A estrutura metálica da Torre foi estudada a partir de uma adaptação dessa metodologia.

As inspeções realizadas com a utilização dessas metodologias mostraram que a estrutura da Torre de TV possui um detalhamento muito eficiente quanto aos aspectos de durabilidade. Na década de 1960, época do desenvolvimento do projeto da Torre de TV, os conceitos de durabilidade não eram tão difundidos nas normas técnicas, porém, pela própria experiência de seus responsáveis e as características especiais da obra, as soluções tiveram tratamento especial.

As manifestações patológicas apresentadas na estrutura estão diretamente relacionadas com a falta de um plano de manutenção adequado, com características preventivas, que atenda às características do prédio, sem a necessidade de intervenções pontuais que provoquem a paralisação do seu uso.

6.3 Trabalhos futuros

A continuidade dos trabalhos da linha de pesquisa apresentada é importante para a difusão do conhecimento qualitativo do comportamento estrutural, pois facilita o entendimento físico de modelos teóricos. Acredito, porém, que a simplificação de uma análise exige, anteriormente, um entendimento mais elaborado da matéria.

Assim, com a intenção de promover a análise qualitativa de estruturas, proponho dois caminhos de pesquisa: o primeiro, a partir do estudo de obras que já tenham um trabalho quantitativo desenvolvido, para que se desenvolva uma metodologia simplificada, e uma segunda, visando a calibração de modelos simplificados conhecidos, através de sua aplicação em um grupo de obras semelhantes.

Proponho também, uma elaboração mais refinada da metodologia de avaliação de estruturas de aço, como foi desenvolvida para o concreto armado, com a sua devida calibração em obras já executadas, pois trata-se de uma ferramenta importante para a manutenção do patrimônio construído.

Referências

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6118 – Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento*. 2003.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6123 – Forças Devidas ao Vento em Edificações – Procedimento*. 1988.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 8800 – Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto*, 2008.

AGUIAR, Elizabeth Oshima de; BARBATO, Roberto Luiz de Arruda. *Análise da estrutura de cabos da cobertura do pavilhão da feira internacional de indústria e comércio - Rio de Janeiro*. Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos, n. 20, p. 127-148, 2002.

AMADO, Jorge. *Mestre Cardozo*. Módulo: Revista de Arquitetura, Urbanismo e Artes, Rio de Janeiro, nº 52, p. 22, dez. 1978.

ANDRADE, Paulo Alcides. *Primeiro Edifício em Estrutura Metálica do Brasil, Garagem América: Um exemplo de Pioneirismo e Arrojo Tecnológico*. 1999. Disponível em <http://www.metallica.com.br/primeiro-edificio-em-estrutura-metalica-do-brasil> em 8/5/2010.

ANDRADE, Tibério; SILVA, Angelo Just da Costa e. *Patologia das Estruturas. Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações*. São Paulo: IBRACON, 2005. 2 v.

AVENIDA CENTRAL: EXEMPLO DE CONSTRUÇÃO EM ESTRUTURA METÁLICA. Revista Módulo. Rio de Janeiro: Avenir Editora, 1960, nº17.

BILLINGTON, David P. *The tower and the bridge: the new art of structural engineering*. Princeton, New Jersey, United States of America, 1983.

BOLDO, P. *Avaliação Quantitativa de Estruturas de Concreto Armado de Edificações no âmbito do Exército Brasileiro*. 2002. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil). Brasília: UnB – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

BRAGA, Milton. *O Concurso de Brasília: sete projetos para uma capital*. São Paulo: Cosac e Naify, Imprensa Oficial do Estado, Museu da Casa Brasileira, 2010.

BRUAND, Yves. *Arquitetura contemporânea no Brasil*. São Paulo: Perspectiva, 2008.

BUCHMANN, Armando José. *Lucio Costa: o inventor da cidade*. Brasília: Thesaurus, 2002.

BURGI, Sérgio. *Fotografia e arquitetura: Marcel Gautherot em Brasília*. São Paulo: Instituto Moreira Salles, 2010.

CADEMARTORI, Ligia; MARCELO, Carlos; RAMOS, Graça; SÁ, Sérgio de. *Athos Bulcão, Bule Marx, Lucio Costa, Oscar Niemeyer – os criadores*. Brasília: Multicultural Arte e Comunicação, 2010.

CARDOZO, Joaquim. *Dois episódios na história da arquitetura moderna brasileira*. Módulo: Revista de Arquitetura, Urbanismo e Artes, Rio de Janeiro, nº 4, p. 32-36, mar. 1965.

CARDOZO, Joaquim. *Aula Magna: Escola de Belas Artes*. Forma estática-forma estética: ensaios de Joaquim Cardozo sobre arquitetura e engenharia, Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, p. 53-58, 2009a.

CARDOZO, Joaquim. *Forma Estática – Forma Estética*. Forma estática-forma estética: ensaios de Joaquim Cardozo sobre arquitetura e engenharia, Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, p. 135-13, 2009b.

CARDOZO, Joaquim. *A Diretoria de Arquitetura e Urbanismo (DAU): olhada de um ponto de vista atual*. Forma estática-forma estética: ensaios de Joaquim Cardozo sobre arquitetura e engenharia, Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, p. 171-176, 2009c.

CASTRO, E. K. *Desenvolvimento de metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado*. 1994. 185 p. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil). Brasília: UnB – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

CASTRO, Eduardo Mariano Cavalcante de. *Patologia dos Edifícios de Estrutura Metálica*. 1999. 202 p. Dissertação (Mestrado). Ouro Preto: UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto.

CAVALCANTI, Lauro Pereira. *Moderno e Brasileiro: a história de uma nova linguagem na arquitetura (1930-60)*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2006.

CHING, Francis D.K. *Arquitetura: forma, espaço e ordem*. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

CLÍMACO, João Carlos Teatini de Souza. *Estruturas de Concreto Armado: fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação*. Brasília: Editora Universidade de Brasília : Finatec, 2005.

CLÍMACO, João Carlos Teatini de Souza; NEPOMUCENO, Antônio Alberto. *Patologia, Recuperação e Manutenção de Estruturas – Notas de Aula*, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

CLÍMACO, João Carlos Teatini de Souza; MOREIRA, André; MELLO, Eldon Londe. *A estrutura da cúpula da Câmara dos Deputados em Brasília*. Forma estática-forma estética: ensaios de Joaquim Cardozo sobre arquitetura e engenharia, Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, p. 31-49, 2009.

COELHO, Olívio Gomes P.; MESQUITA, Cláudia (Org.) *75 anos Crea-RJ: A invenção de um novo tempo*. CREA-RJ, Rio de Janeiro: 2009.

CORREIO BRAZILIENSE. *Torre de Televisão Deverá Estar Pronta em Oito Meses*. Correio Braziliense. Brasília, 19 de junho de 1964.

CORREIO BRAZILIENSE. *Autoridades Municipais Prometem Conclusão Das Obras De Brasília*. Correio Braziliense. Brasília, 8 de julho de 1964.

CORREIO BRAZILIENSE. *Tôrre de TV Terá Montagem Iniciada Breve*. Correio Braziliense. Brasília, 14 de agosto de 1964.

CORREIO BRAZILIENSE. *Mirante da Tôrre de TV Somente em Outubro*. Correio Braziliense. Brasília, 11 de setembro de 1964.

CORREIO BRAZILIENSE. *Morosidade Nas Obras da Tôrre de TV Frustram Esperanças de Brasília*. Correio Braziliense. Brasília, 3 de outubro de 1964. p.8.

CORREIO BRAZILIENSE. *Tôrre de Televisão estará Concluída Até 20 de Março de 65: Volta Redonda Garante*. Correio Braziliense. Brasília, 7 de outubro de 1964.

CORREIO BRAZILIENSE. *Já se Encontra Montado o “Derick” da Tôrre de TV*. Correio Braziliense. Brasília, 15 de outubro de 1964.

CORREIO BRAZILIENSE. *Hoje, o 1º Chumbador da Torre de TV*. Correio Braziliense. Brasília, 20 de outubro de 1964.

CORREIO BRAZILIENSE. *Sobre a Torre de TV*. Correio Braziliense. Brasília, 5 de novembro de 1964.

CORREIO BRAZILIENSE. *Natal Mais Alto*. Correio Braziliense. Brasília, 25 de dezembro de 1964.

CORREIO BRAZILIENSE. *Tôrre de TV: o Nôvo Símbolo*. Correio Braziliense. Brasília, 16 de fevereiro de 1965.

CORREIO BRAZILIENSE. *Retirado o Derick da Tôrre Após Levantar 210 Toneladas*. Correio Braziliense. Brasília, 6 de março de 1965.

CORREIO BRAZILIENSE. *Concluído o Mirante da Torre: Fica a Oitenta Metros de Altura*. Correio Braziliense. Brasília, 2 de abril de 1965.

CORREIO BRAZILIENSE. *Pinotécnico*. Correio Braziliense. Brasília, 23 de abril de 1965.

CORREIO BRAZILIENSE. *Torre Oscila*. Correio Braziliense. Brasília, 2 de junho de 1965.

CORREIO BRAZILIENSE. *Prefeito Aperta O Último Parafuso Da Torre de TV*. Correio Braziliense. Brasília, 8 de junho de 1965.

CORREIO BRAZILIENSE. *Torre: Milhares Visitam*. Correio Braziliense. Brasília, 10 de agosto de 1965.

CORREIO BRAZILIENSE. *Torre é ponto obrigatório de turistas*. Correio Braziliense. Brasília, 14 de novembro de 1972.

CORREIO BRAZILIENSE. *Tensão na Torre acaba em delírio*. Correio Braziliense. Brasília, 1 de outubro de 1986.

CORREIO BRAZILIENSE. *A Feira da Torre não pode cair de nível*. Correio Braziliense. Brasília, 17 de maio de 1987.

CORREIO BRAZILIENSE. *Torre vira ponto turístico mais visitado*. Correio Braziliense. Brasília, 9 de abril de 1989.

CORREIO BRAZILIENSE. *Torre digital só em dezembro*. Correio Braziliense. Brasília, 20 de julho de 2011.

COSTA, Lucio. *Lucio Costa: Registro de uma vivência*. Porto Alegre: Empresa das Artes, 1995.

COSTA, Marcus Lontra. *Joaquim Cardozo: o Cálculo e a Métrica*. Módulo: Revista de Arquitetura, Urbanismo e Artes, Rio de Janeiro, nº 40, p. 27-31, set. 1975.

COSTA, Maria Elisa (Org.). *Com a palavra, Lucio Costa*. Rio de Janeiro: Aeroplano, 2001.

CUNHA, Albino Joaquim Pimenta (Coord.). *Acidentes Estruturais na Construção Civil*. Volume 1. São Paulo: Pini, 1996.

DIÁRIOS ASSOCIADOS. *Brasília Amanhece*. O Estado de Minas. Belo Horizonte, 21 de abril de 1960.

DIAS, Luís Andrade de Mattos. *Edificações de Aço no Brasil*. São Paulo: Ziguarte Editora, 1999.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. *Miniaurélio: o mini dicionário da língua portuguesa*. 7 ed. Curitiba: Ed. Positivo, 2008.

FISCHER, Sylvia; BATISTA, G. S. N. *GuiArquitetura Brasília*. São Paulo: Empresa das Artes e Editora Abril, 2000. 240 p.

FONSECA, Régis Pamponet da. *A estrutura do Instituto Central de Ciências: Aspectos históricos, científicos e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e propostas de manutenção*. 2007. 213 p. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil). Brasília: UnB – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

FONSECA, Roger Pamponet da. *A ponte de Oscar Niemeyer em Brasília: Construção, Forma e Função Estrutural*. 2007. 140 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Brasília: UnB – Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pesquisa e Pós-Graduação.

FRAGOSO, Paulo Rodrigues. *Considerações sobre as coberturas suspensas*. Revista Estrutura, n.56, p.13-17, n.57, p.33-60, 1963.

GALINDO, Cyl. *Joaquim Cardozo*. 2005. Disponível em <http://www.joaquimcardozo.com/paginas/joaquim/depoimentos/cyl12.htm>. Acesso em 4/12/2009.

GIDEON, S. *Espaço, tempo e arquitetura: o desenvolvimento de uma nova tradição*. São Paulo: Martins Fontes, 2004.

GONSALES, Célia Castro. *Brasília, por Rino Levi*. 2002. Disponível em <http://www.ufrgs.br/propar/publicacoes/ARQtextos>. Acesso 20/4/2010.

GYMPEL, Jan. *História da Arquitetura: da Antiguidade aos nossos Dias*. Colônia: Konemann Verlagsgesellschaft, 2001.

HELENE, P. *Contribuição ao estudo de corrosão em armaduras de concreto armado*. São Paulo: USP, 1993. Tese (Livre Docência), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1993. 271 p.

HIBBELER, Russell Charles. *Resistência dos Materiais*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

JORNAL ESTADO DE MINAS. *Governo revela relatório da Gameleira*. Belo Horizonte, 3 de março de 1971 – Caderno 1 – p. 11.

LE CORBUSIER. *Precisões sobre um estado presente da arquitetura e do urbanismo*. São Paulo: Cosac & Naify, 2004.

LOPES, B. A. R. Sistema de manutenção predial para grandes estoques de edifícios: estudo para inclusão do componente estrutura de concreto. 1998. 308 p. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil). Brasília: UnB – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

LUCIO, Mário. *Desabamento da gameleira: Criminosos à solta*. 2009. Disponível em <http://www.anovademocracia.com.br/>. Acesso em 19/1/2011.

MARTHA, Luiz Fernando. *FTOOL: Two Dimensional Frame Analysis Tool – Versão Educacional 2.12*. Rio de Janeiro: Tecgraf/PUC/Rio, 2008.

MEDEIROS, Marcelo H. F.J. *Patologia das Construções: uma especialidade na engenharia civil*. *Téchne*, São Paulo, n. 174, p. 72-77, 2011.

MEURS, Paul. *O pavilhão brasileiro na Expo de Bruxelas, 1958*. *Revista Arquitectos: Texto Especial nº 034*, Portal Vitruvius, dez. 2000. Disponível em <http://www.vitruvius.com.br/revistas/browse/arquitectos>. Acesso em 23/5/2010.

MOREIRA, André Luís Andrade. *A estrutura do Palácio da Justiça em Brasília: Aspectos históricos, científicos e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e propostas de manutenção*. 2007 164 p. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil). Brasília: UnB – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

NETO, Jorge Batlouni. *Diretrizes do Projeto de Estrutura para Garantia do Desempenho e Custo. Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações*. São Paulo: IBRACON, 2005. 1 v.

NETTO, Paulo dos Santos. *Contribuição ao estudo das coberturas pênseis cilíndricas não protendidas*. 1975 129 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas). São Carlos: USP – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos.

NIEMEYER, Oscar. *O Velho Amigo Cardozo*. Módulo: Revista de Arquitetura, Urbanismo e Artes, Rio de Janeiro, nº 52, p. 23, dez. 1978.

NIEMEYER, Oscar. *Minha arquitetura*. 3 ed. Rio de Janeiro: Editora Revan, 2000.

NOBRE, Ana Luiza (Org.). *Lucio Costa*. Rio de Janeiro: Beco do Azougue, 2010.

NOVACAP. DITEC/DE Nº DE ORDEM 1242 – 1º VOLUME. Consultado em 9 de setembro de 2008.

PANNONI, Fábio Domingos. *Projeto e durabilidade*. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2009.

PEREGRINO, Julia (Org.). *Lucio Costa 1902-2002*. Brasília: Centro Cultural Banco do Brasil, 2002.

RELPH, Edward. *A paisagem urbana moderna*. Lisboa: Edições 70, 1987.

REVISTA TÉCHNE. *Torre de TV em Tóquio alcança altura final de 634m e se torna a maior do mundo*. São Paulo: PINI, n. 169, Abril 2011.

SALVADORI, Mario. *Structure in Architecture*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1963.

SALVADORI, Mario. *Por que os edifícios ficam de pé: a força da arquitetura*. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

SÁNCHEZ, José Morales. *Evolução da Forma Estrutural – Notas de Aula*. Universidade de Brasília, Brasília: UnB, 2007.

SANTANA, Geraldo. *O engenheiro da poesia*. 1995. Disponível em <http://www.joaquimcardozo.com/paginas/joaquim/depoimentos/engenheiro2.htm>. Acesso em 4/12/2009.

SANTOS JÚNIOR, Evaristo Clementino Rezende dos. *A estrutura do Palácio do Itamaraty: Aspectos históricos, científicos e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e propostas de manutenção*. 2004 188 p. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil). Brasília: UnB – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

SEGAWA, Hugo. *Rio de Janeiro, México e Caracas: Cidades Universitárias e Modernidades 1936-1962*. São Paulo, 1998.

SERRA, Geraldo G. *Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo: guia prático para o trabalho de pesquisadores em pós-graduação*. São Paulo: EDUSP: Mandarim: 2006.

SMITH, Terry. *Making the Modern: Industry, Art and Design in America*. The University of Chicago Press, Chicago, 1993.

STOJANOVIC, Slobodan. *Depoimento de um engenheiro*. Recife: Ensol, 2003.

STRICKLAND, Carol. *Arquitetura Comentada: uma breve viagem pela História da arquitetura*. Rio de Janeiro: Ediouro, 2003.

SÜSSEKIND, José Carlos. *Curso de Análise Estrutural v 1*. 4 ed. Porto Alegre: Globo, 1980.

TELLES, Pedro Carlos da Silva. *História da Engenharia no Brasil: século XX*. Rio de Janeiro: Clavero Editoração, 1993. 2 v.

TIMOSHENKO, Stephen. *Resistência dos Materiais* Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora, 1983.

UNDERWOOD, David. *Oscar Niemeyer and the Architecture of Brazil*. New York: Rizzoli International, 1994.

VERNE, Julio. *Paris no século XX*. São Paulo: Ática, 1995.

WALTER, Ernesto Guilherme. *Curso Breve de Concreto Armado – Notas de Aula*. Universidade de Brasília, Brasília: UnB, 1991.

WESELY, Michael. *Arquivo Brasília: Lina Kim e Michael Wesely*. São Paulo: Cosac Naify, 2010.

WISNIK, Guilherme. *Lucio Costa*. São Paulo: Cosac e Naify Edições, 2001.

WISNIK, Guilherme (Org.). *O Risco: Lucio Costa e a utopia moderna (depoimentos do filme de Geraldo Motta Filho)*. Rio de Janeiro: Bang Filmes e Produções, 2003.

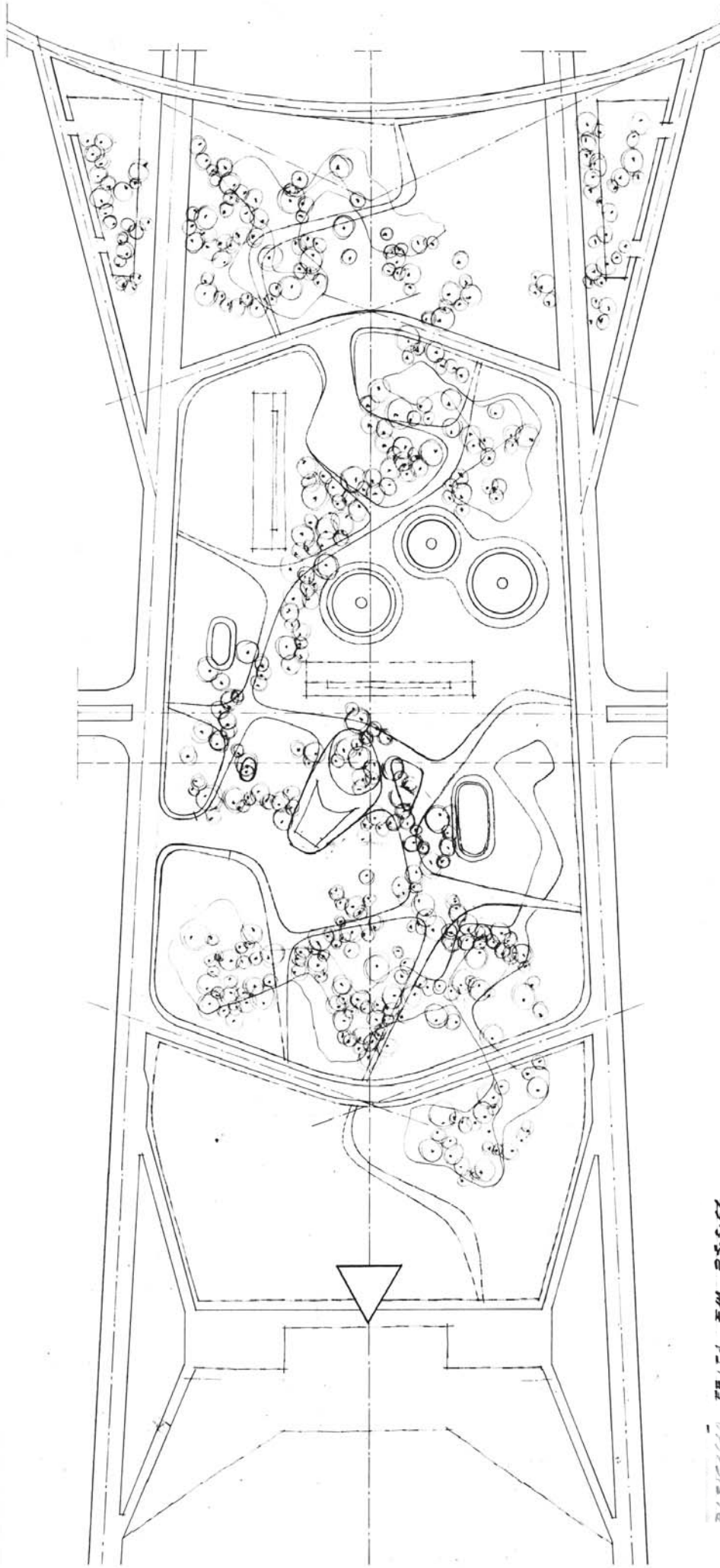
XAVIER, Alberto (Org.). *Lucio Costa: sôbre arquitetura*. 2 ed. Porto Alegre: UniRitter Editora, 2007.

Anexo A - Desenhos do Projeto Executivo

 assunto: Arquitetura e Paisagismo (ARQPAI)

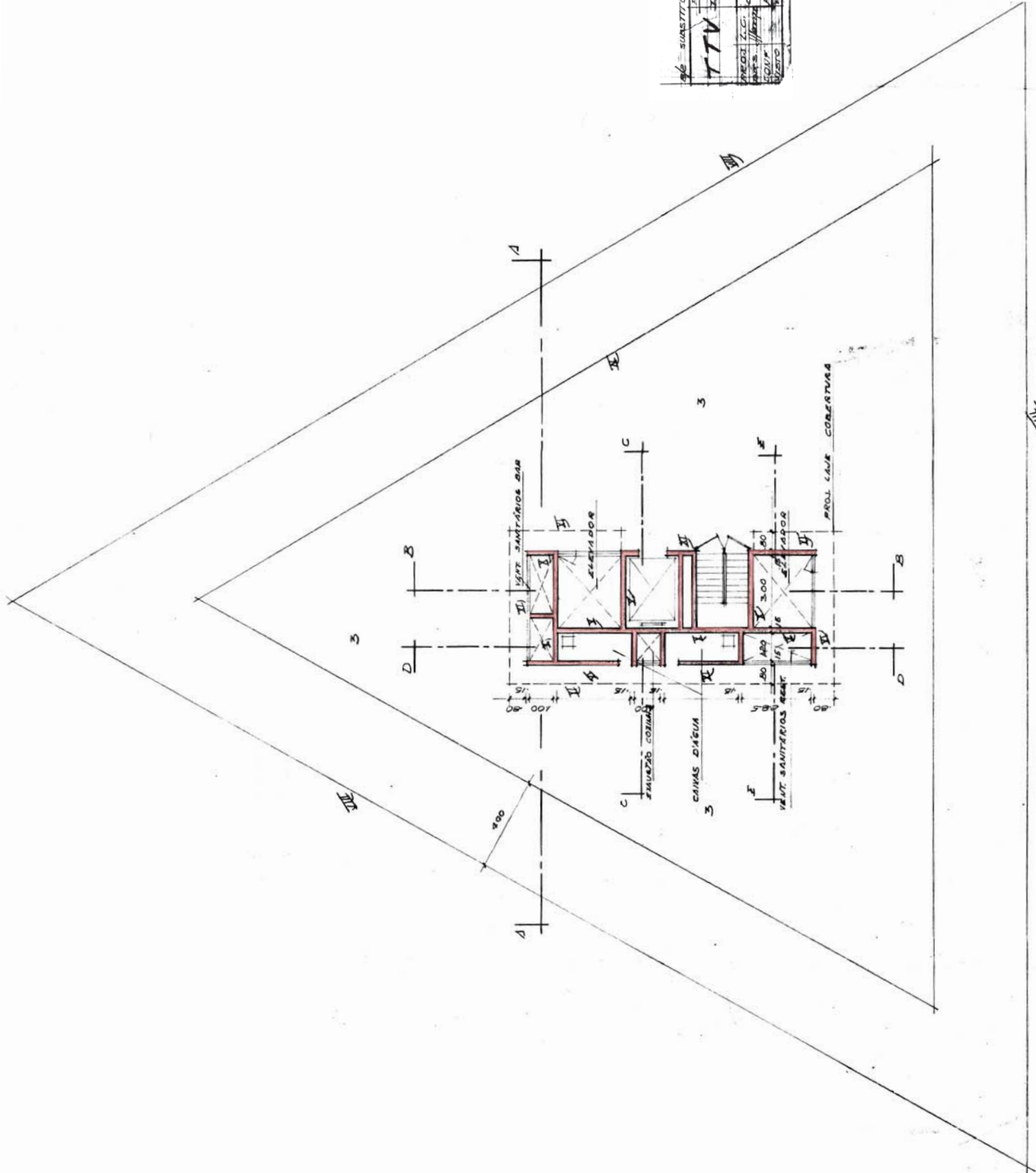
Item	Arquivo		Descrição do Conteúdo
	Original	Atual	
1	PR 1_1	TTV-ARQPAI-01_14	Planta de Locação
2	PR 5_2	TTV-ARQPAI-02_14	Planta de Situação
3	PR 2_3	TTV-ARQPAI-03_14	Planta de Paisagismo
4	PR 2_7	TTV-ARQPAI-04_14	Planta Baixa do Subsolo
5	PR 3_3	TTV-ARQPAI-05_14	Planta Baixa do Pavimento Superior
6	PR 8_2	TTV-ARQPAI-06_14	Planta Baixa da Cobertura
7	PR 6_3	TTV-ARQPAI-07_14	Corte AA'
8	PR 7_3	TTV-ARQPAI-08_14	Corte BB'
9	PR 10_2	TTV-ARQPAI-09_14	Corte AA BB
10	PR 13_1	TTV-ARQPAI-10_14	Corte AA BB CC
11	PR 9_1	TTV-ARQPAI-11_14	Corte CC-DD-EE
12	PR 12_1	TTV-ARQPAI-12_14	Fachada e Corte do Subsolo
13	PR 15_1	TTV-ARQPAI-13_14	Fachada do Subsolo
14	PR 1-4	TTV-ARQPAI-14_14	Vista da Torre de TV

Fonte: Arquivo Público do Distrito Federal

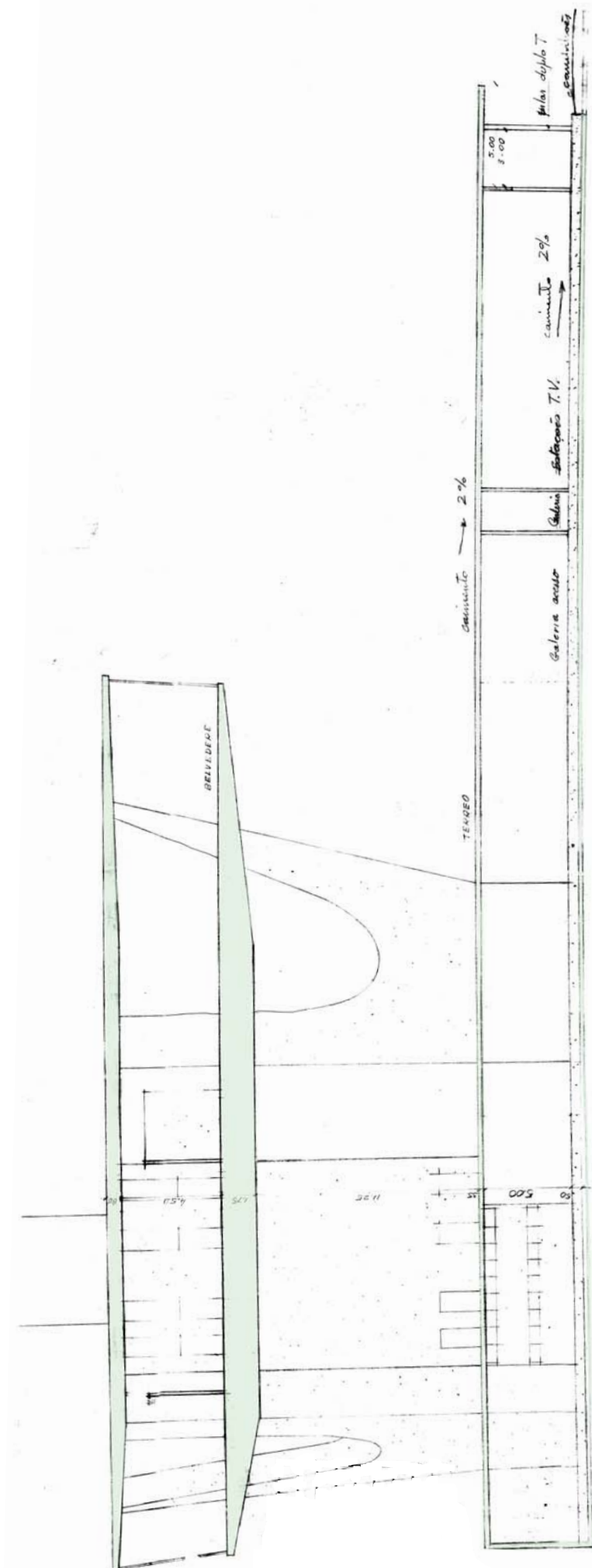


DIFICILMENTE FEITA EM 25.5.62
 MODIFICADO FEITA EM 25.5.65

PROJETO	PR. 2/8
TORRE TELEVISÃO, MODURIA BLOCO JORNAL - ORSTE	
11 - JERONIMO	8.57.53
ARBORESCENCO	INC. 1/1000
SCYO - PDE	9.2.65



96 - SUBSTITUIÇÃO DE SEVÃO 8/1 SEM 9-2-66	
P	PROJ. ARQUIT.
R	PROJ. RES.
O	PROJ. OBRAS
J	PROJ. JARDIM
E	PROJ. ELÉTRICO
T	PROJ. TUB.
0	PROJ. OUTROS
TTV TORRE TV DE BRASÍLIA	
PR-8/2	
PROJ. A.C.	C. O. A. N. E. A. T. U. A. 1
PROJ. BOM	B-6743
PROJ. ELEV.	ESC-1700
PROJ. LAJE	PLANTA CANAL ELEVADORES 3-2-66
PROJ. SANIT.	PROJ. SANIT. COBERTURA
PROJ. TUB.	PROJ. TUB. COBERTURA

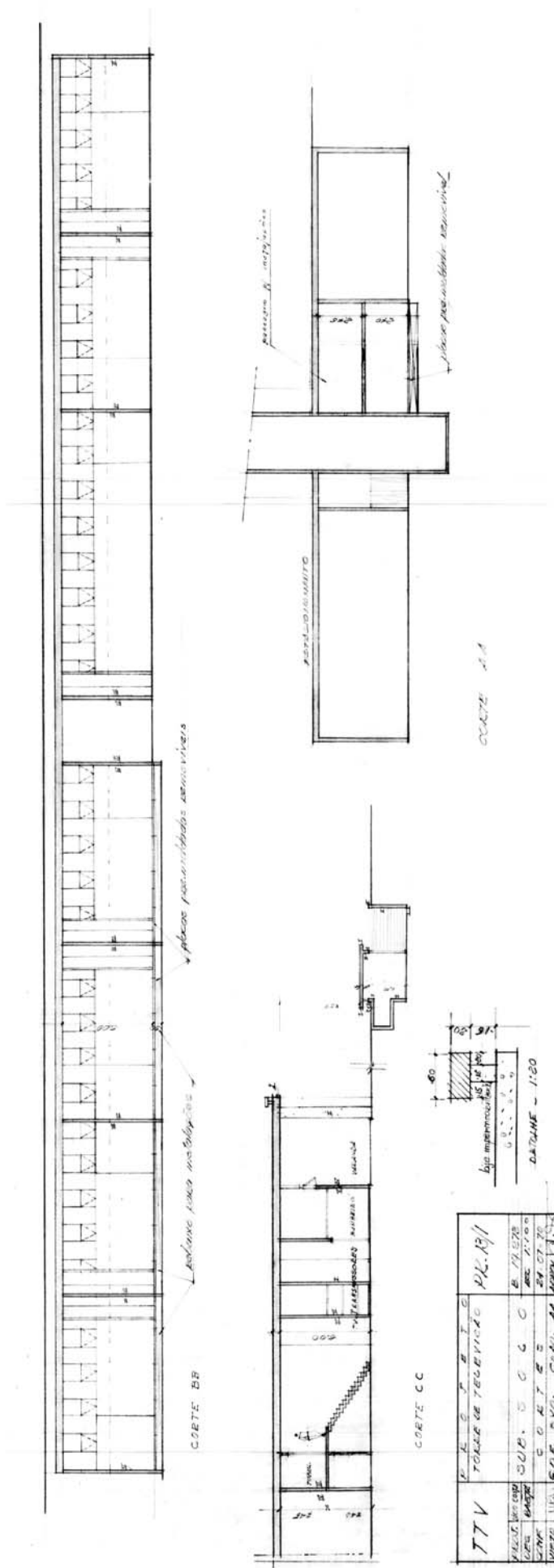


CORTE BB'

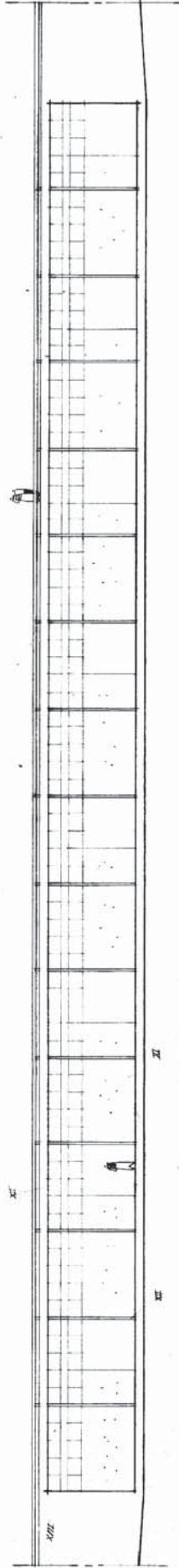
40.00

NO 7/8 MEX. 1.1.10001 NO 7/11 AN 10.08.88
 NO 7/6 MEX. 1.1.10000 NO 7/6 AN 08.08.86

TTV	PR-7/8
TORRE TELEVISÃO	
Linha Projeto - Corte BB'	
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO	

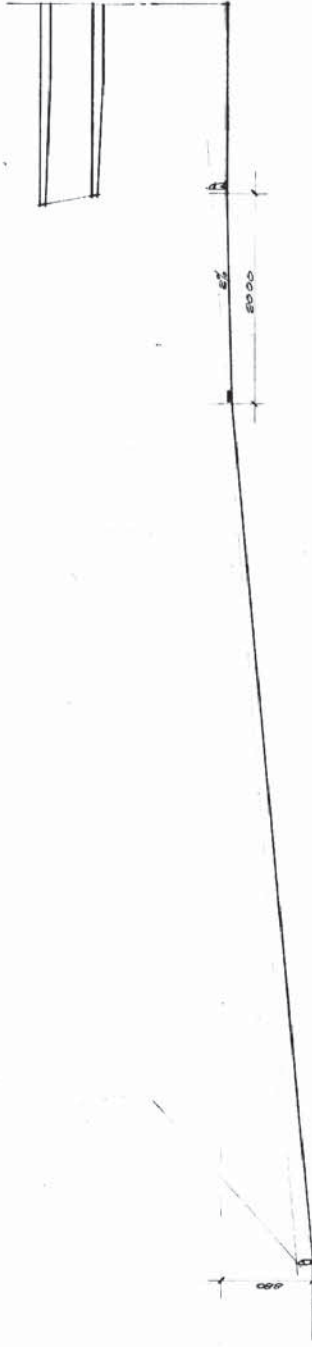


TTV	P. A. C. F. B. T. C.	PL. 13/1
PROJ. ARQ. GEN.	TOUR DE TELEVISÃO	
PROJ. ARQ. INT.	CUB. 5 C 6 C	19.12.78
PROJ. ARQ. EXT.	5 C 4 T 6 S	24.11.78
PROJ. ELEC.	5 C 4 F 5 C 4 U. 4 A	24.11.78



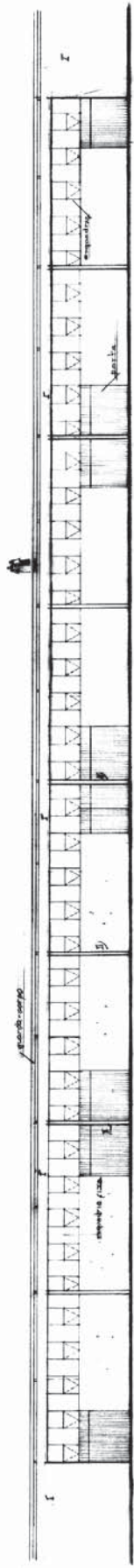
FACUDA DO SUB-SOLO - 1:100

- III. NINTUCA A DASE DE "POAI"
- III. CÔR BRANCA
- III. CONCRETO APARENTE
- III. G. E. S. S. I. T. CÔR BRANCA



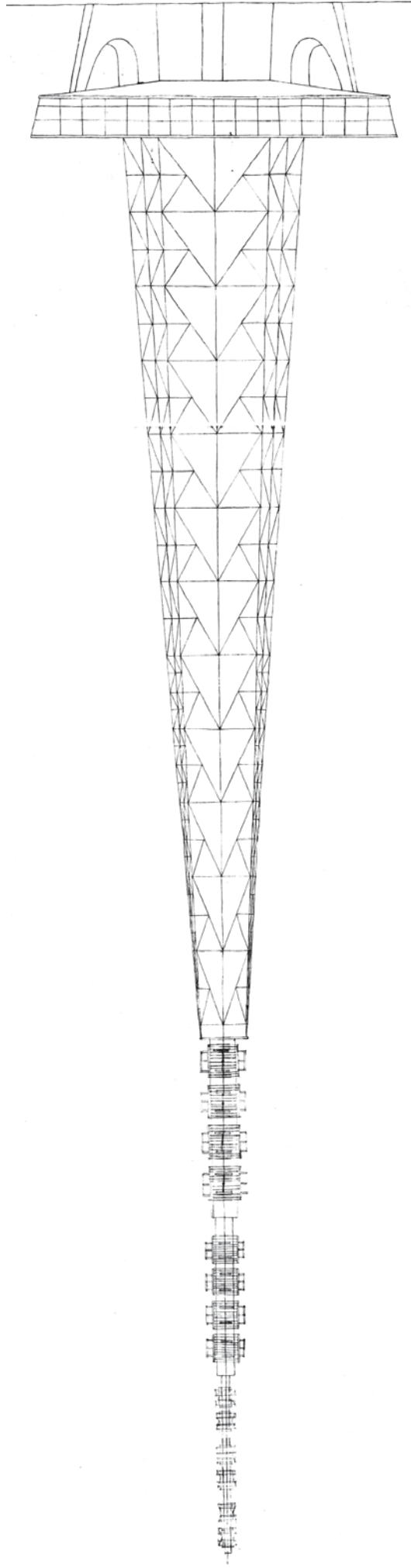
PERSPECTIVA DO TERRENO - 1:200

TTV	PROJETO	PROJETO
	TORRE DE TELEVISÃO	PROJETO
PROJ. LG	6040	8.8758
DES. ARQ.	FACHADA - CORTE	8.8758
DATA	14/05/2014	14/05/2014
LOCAL	AV. BRASIL	AV. BRASIL



FACHADA

T.T.U.	TORRE-TIIVIZO	PD.15/1
RESZ	SOB	SOLO
DATA	1984	2007
PROJ	ARQUIT.	ARQUIT.



TTV	TORE DE TV DE BRASÍLIA	14	14
PROJ. G. S.	T. C. E. E.		
PROJ. A. S.			
PROJ. S. S.			
PROJ. T. S.			
PROJ. U. S.			
PROJ. V. S.			
PROJ. W. S.			
PROJ. X. S.			
PROJ. Y. S.			
PROJ. Z. S.			

Torre de TV de Brasília
Arquitetura e Paisagismo

assunto
Vista da Torre de TV

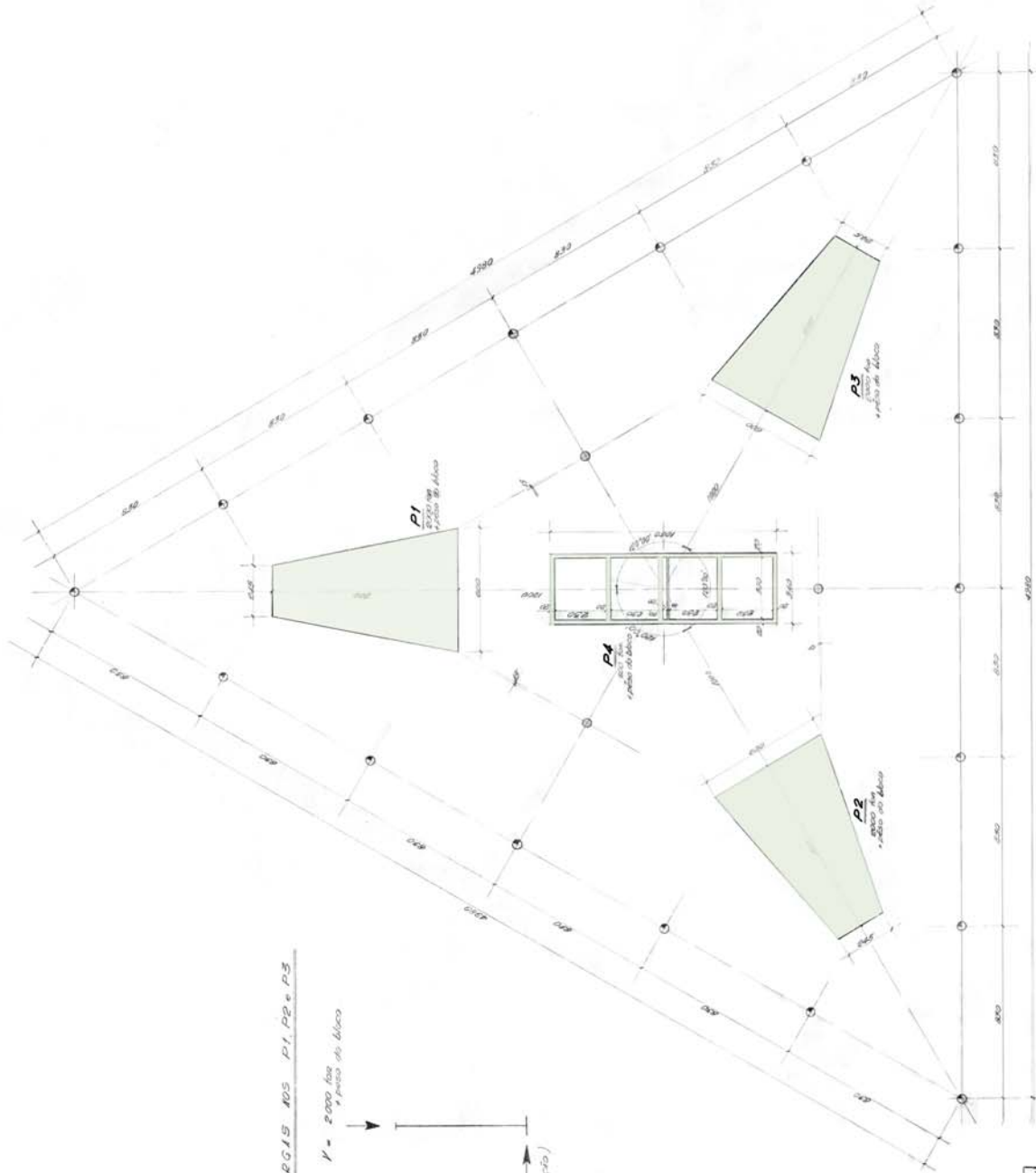
prancha
14

arquivo
TTV-ARQPAl-14_14

assunto: Estrutura de Concreto Armado (ESTCAR)

Item	Arquivo		Descrição do Conteúdo
	Original	Atual	
1	CA 1A-1	TTV-ESTCAR-01_06	Planta de Locação e Cargas na Fundação
2	CA 2-1	TTV-ESTCAR-02_06	Forma do Piso do Subsolo
3	CA 6-1	TTV-ESTCAR-03_06	Forma do Piso do Térreo
4	CA 14-1	TTV-ESTCAR-04_06	Forma do Piso do Restaurante
5	CA 17-1	TTV-ESTCAR-05_06	Forma da Cobertura do Restaurante
6	CA 7-1	TTV-ESTCAR-06_06	Forma dos Pilares

Fonte: Arquivo Público do Distrito Federal



CARGAS NOS P1, P2 e P3

$V = 2000 \text{ kg}$
 + peso do bloco

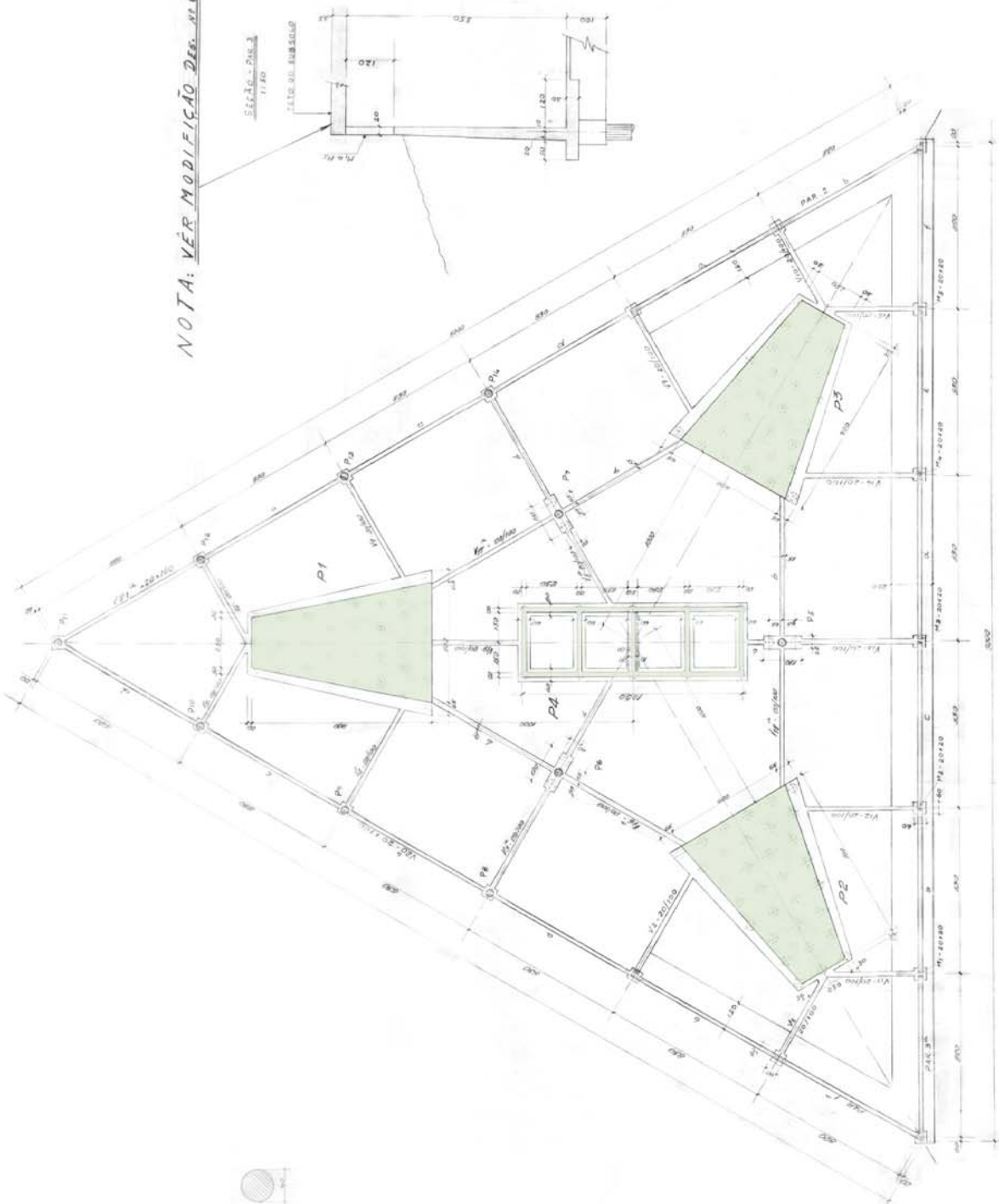
$H = 200 \text{ kg}$
 (de sucesso completa)

CARGAS NAS ESTACAS

- = 50 cm
- ⊗ = 100 cm

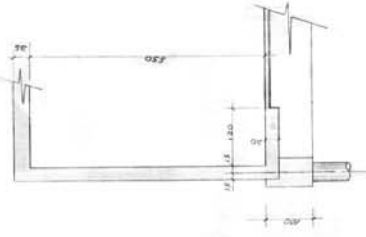
TTV CA I-011	
B-14352	TORRE - TELEVISÃO
7000	CONFÉRETO
LOCADO	CARGAS
A O V A C A	

NOTA: VER MODIFICAÇÃO DES. Nº 6

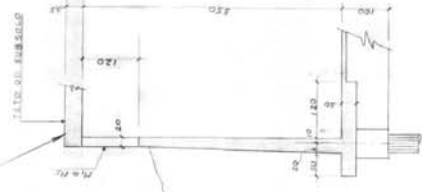


DET. DO BARRA 12mm

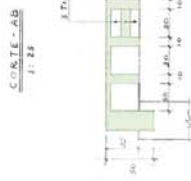
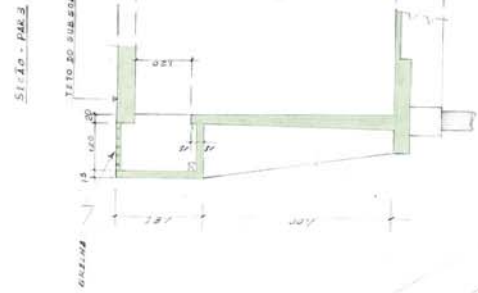
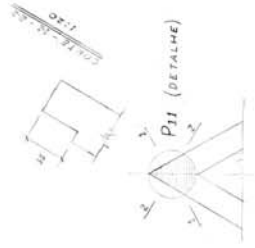
SEÇÃO-PAREI-PAR 1/20



SEÇÃO-PAREI 1/20

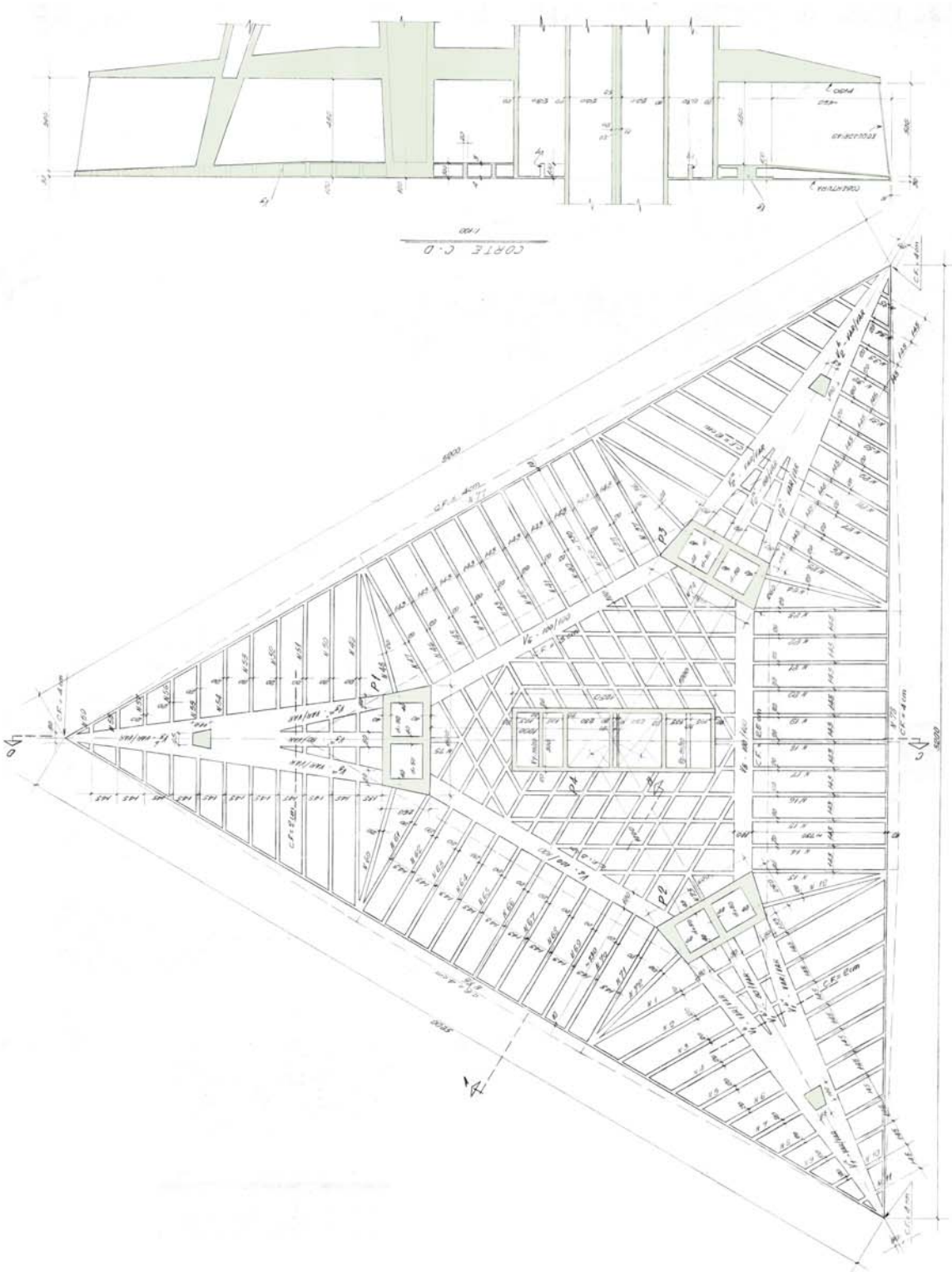


B-14253	T.T.V. CABLA
1/20	TIPO: TELEVISÃO
	CONCRETO
	ARMADURA: BARRA 12mm
	PROJ. B. D. T. S. S. P.



Revisto em 24x24x24
 INDELESCÍVEL ENTÃO ABRILHADA.
 VENTILADOR SUBTERRÂNEO A 100 CM DE ABERTURA NA PAREDE 3





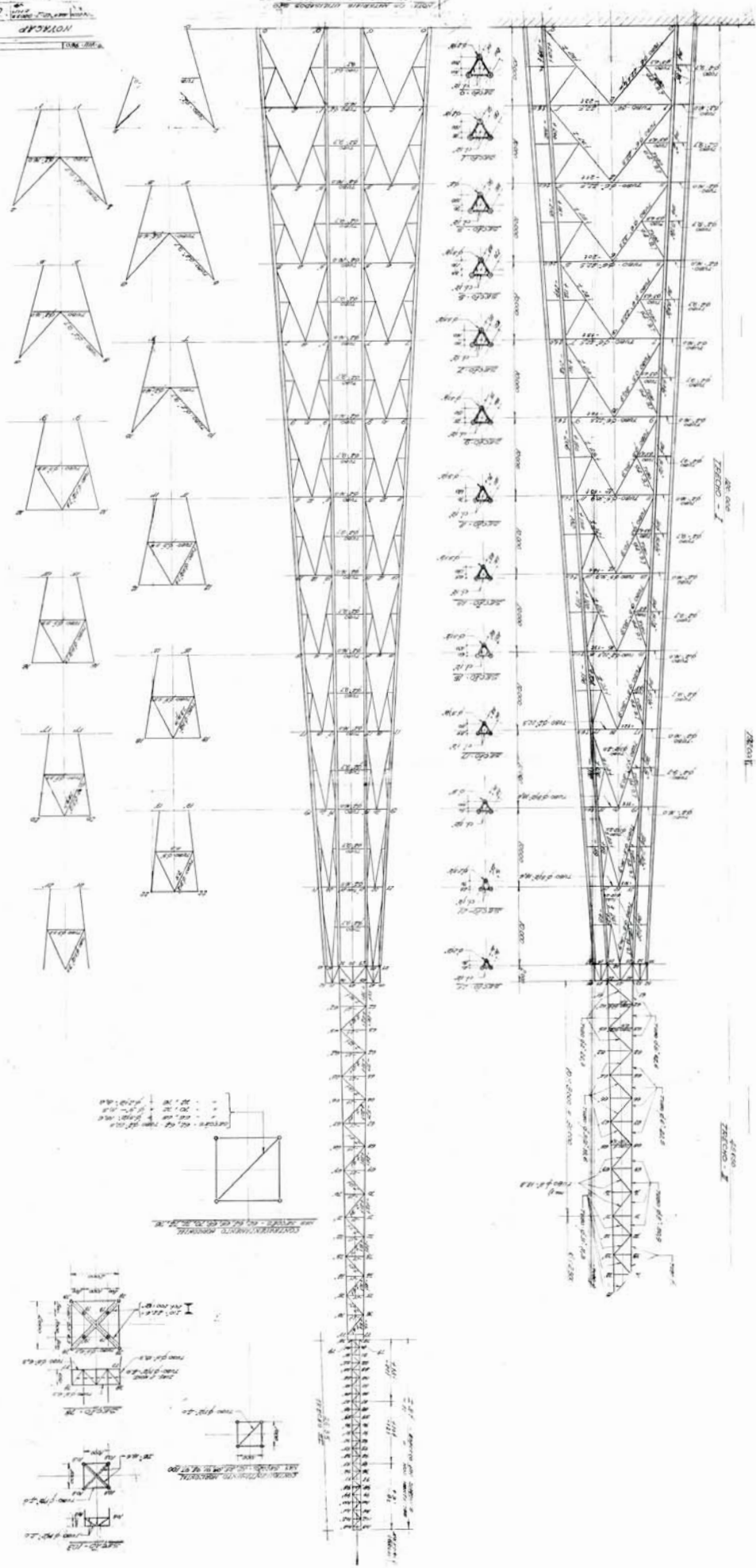
ITV	CA 1712
14368	17/11/2010
1	CONCITO
1	FORMA DA COBERTURA DO RESTAURANTE
1	TTV-ESTCAR-05_06

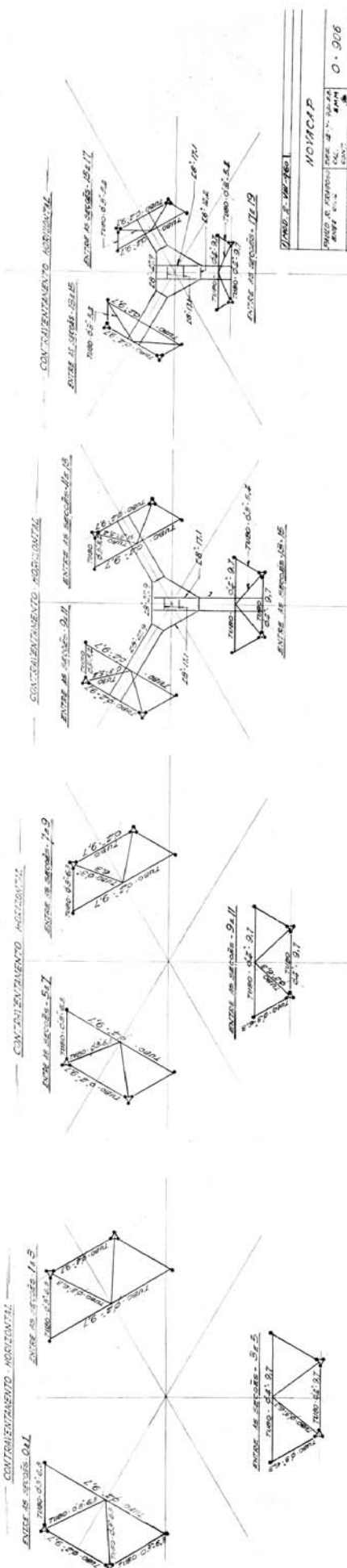
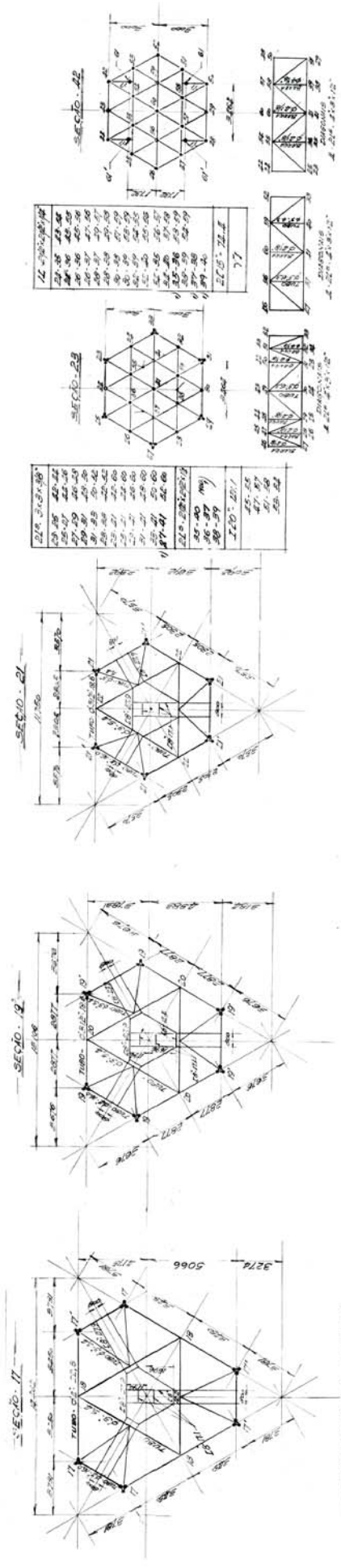
 assunto: Estrutura Metálica (ESTMET)

Item	Arquivo		Descrição do Conteúdo
	Original	Atual	
1	D-05	TTV-ESTMET-01_17	Locação e Detalhes das Bases e Chumbadores
2	D-06	TTV-ESTMET-02_17	Esquema Vertical da Estrutura
3	D-03	TTV-ESTMET-03_17	Esquema Vertical da Escada do Mirante e Caixa de Elevador
4	D-07	TTV-ESTMET-04_17	Esquema Horizontal 1
5	D-08	TTV-ESTMET-05_17	Esquema Horizontal 2
6	D-04	TTV-ESTMET-06_17	Detalhes 1 - Nó Típico das Cordas
7	D-11	TTV-ESTMET-07_17	Detalhes 2 - Típico de Emenda das Cordas
8	D-12	TTV-ESTMET-08_17	Detalhes 3 - Típicos do Trecho I
9	D-13	TTV-ESTMET-09_17	Detalhes 4 - Típicos do Trecho I
10	D-15	TTV-ESTMET-10_17	Detalhes 5 - Típicos do Trecho II
11	D-16	TTV-ESTMET-11_17	Detalhes 6 - Típicos do Trecho II
12	D-20	TTV-ESTMET-12_17	Detalhes 7 - Típicos do Trecho II
13	D-23	TTV-ESTMET-13_17	Detalhes 9 - Detalhe de Transição das Cordas
14	D-18	TTV-ESTMET-14_17	Detalhes da Transição do Trecho I-II
15	D-21	TTV-ESTMET-15_17	Detalhes da Transição do Trecho II
16	EM1-1	TTV-ESTMET-16_17	Esquema Vertical com Antenas
17	D-02	TTV-ESTMET-17_17	Esquema Vertical da Opção 2

Fonte: Arquivo Público do Distrito Federal

NOTAÇÃO
 1 - 100%
 2 - 50%
 3 - 25%
 4 - 12,5%
 5 - 6,25%
 6 - 3,125%
 7 - 1,5625%
 8 - 0,78125%
 9 - 0,390625%
 10 - 0,1953125%

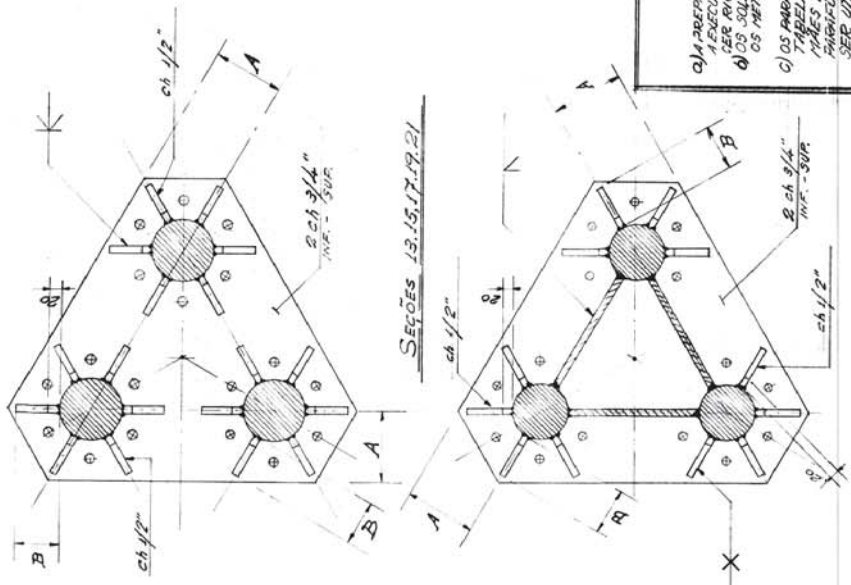
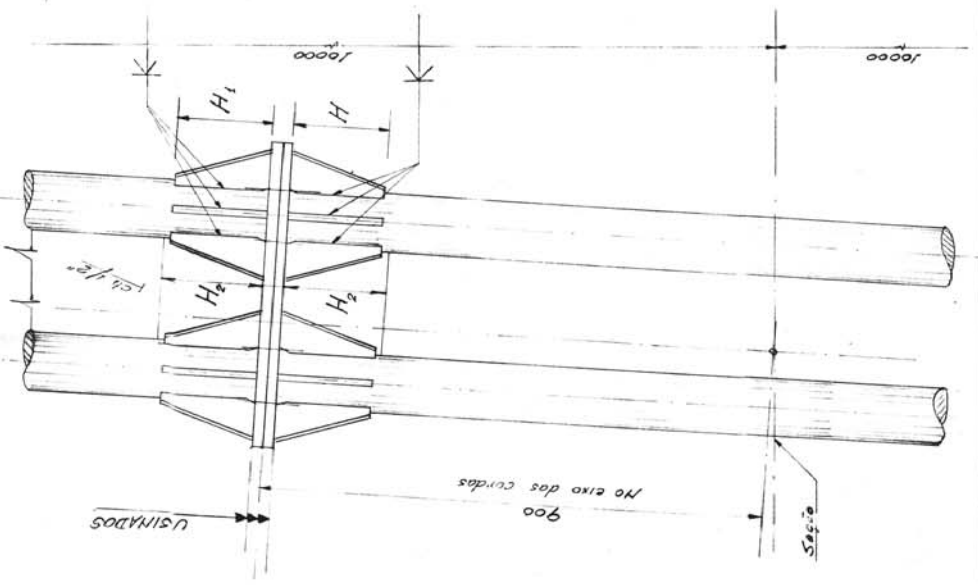




NOTAÇÃO

PROJ. DE ESTRUTURA METÁLICA	0 - 006
PROJ. DE FUNDAMENTAÇÃO	0 - 007
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS	0 - 008
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SERVIÇOS	0 - 009
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO	0 - 010
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE EMERGÊNCIA	0 - 011
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA	0 - 012
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO	0 - 013
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE OBRIGATORIEDADE	0 - 014
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE INSTRUÇÃO	0 - 015
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE AVISO	0 - 016
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PERIGO	0 - 017
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE FUMAR	0 - 018
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE BEBER	0 - 019
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE PARAR	0 - 020
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE ENTRAR	0 - 021
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE SAIR	0 - 022
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE PARAR E SAIR	0 - 023
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE PARAR E ENTRAR	0 - 024
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE PARAR E SAIR E ENTRAR	0 - 025
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE PARAR E SAIR E ENTRAR E SAIR	0 - 026
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE PARAR E ENTRAR E SAIR	0 - 027
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE PARAR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR	0 - 028
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE PARAR E SAIR E ENTRAR E SAIR	0 - 029
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE PARAR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR	0 - 030
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE PARAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR	0 - 031
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE PARAR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR	0 - 032
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE PARAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR	0 - 033
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE PARAR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR	0 - 034
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE PARAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR	0 - 035
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE PARAR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR	0 - 036
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE PARAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR	0 - 037
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE PARAR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR	0 - 038
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE PARAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR	0 - 039
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE PARAR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR	0 - 040
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE PARAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR	0 - 041
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE PARAR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR	0 - 042
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE PARAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR	0 - 043
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE PARAR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR	0 - 044
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE PARAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR	0 - 045
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE PARAR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR	0 - 046
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE PARAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR	0 - 047
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE PARAR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR	0 - 048
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE PARAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR	0 - 049
PROJ. DE INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE PARAR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR E ENTRAR E SAIR	0 - 050

SEÇÕES 4, 5, 7, 9, 11



SEÇÃO	PARAFUSOS DIÂM. MÁXIMO	A mm	B mm	H ₁ mm	H ₂ mm
1	18 φ 7/8"	130	80	170	200
3	18 φ 7/8"	130	80	170	200
5	18 φ 3/4"	120	70	160	190
7	18 φ 3/4"	120	70	160	190
9	18 φ 3/4"	110	70	150	180
11	18 φ 3/4"	110	70	150	180
13	15 φ 3/4"	110	70	150	—
15	15 φ 3/4"	110	60	150	—
17	15 φ 5/8"	100	60	150	—
19	15 φ 5/8"	100	60	150	—
21	15 φ 9/8"	100	60	150	—

NOTAS

a) A PREPARAÇÃO DAS JUNTAS, A ESCOLHA DOS ELETRODOS, A EXECUÇÃO DAS SOLDAS E A SUA INSPEÇÃO DEVEM OBEDECER RIGOROSAMENTE A MELHOR TÉCNICA DE SOLDAGEM. OS SOLDADORES DEVEM SER SELECIONADOS CONFORME OS MÉTODOS REGULARES P-118-988 DA A.B.N.T.

b) OS PARAFUSOS DE ALTA RESISTÊNCIA INDICADOS NA TABELA OBEDECERÃO AS NORMAS PROPOSTAS ALE-MADES PARA CORDAS DE FIO DE ALUMÍNIO E ACOY. PARAFUSOS DO TIPO TOX DA DIM. 802 DA A.B.N.T. COM SER UTILIZADOS. PARAFUSOS DE OUTRA FABRILHAÇÃO, QUESE QUE TENHAM CARACTERÍSTICAS SIMILARES AS INDICADAS ACIMA.

NOVAÇAP

PAULO R. FRAGOS, SER. 19.7.60 5º
ENGRº CIVIL 546. E.M.T.

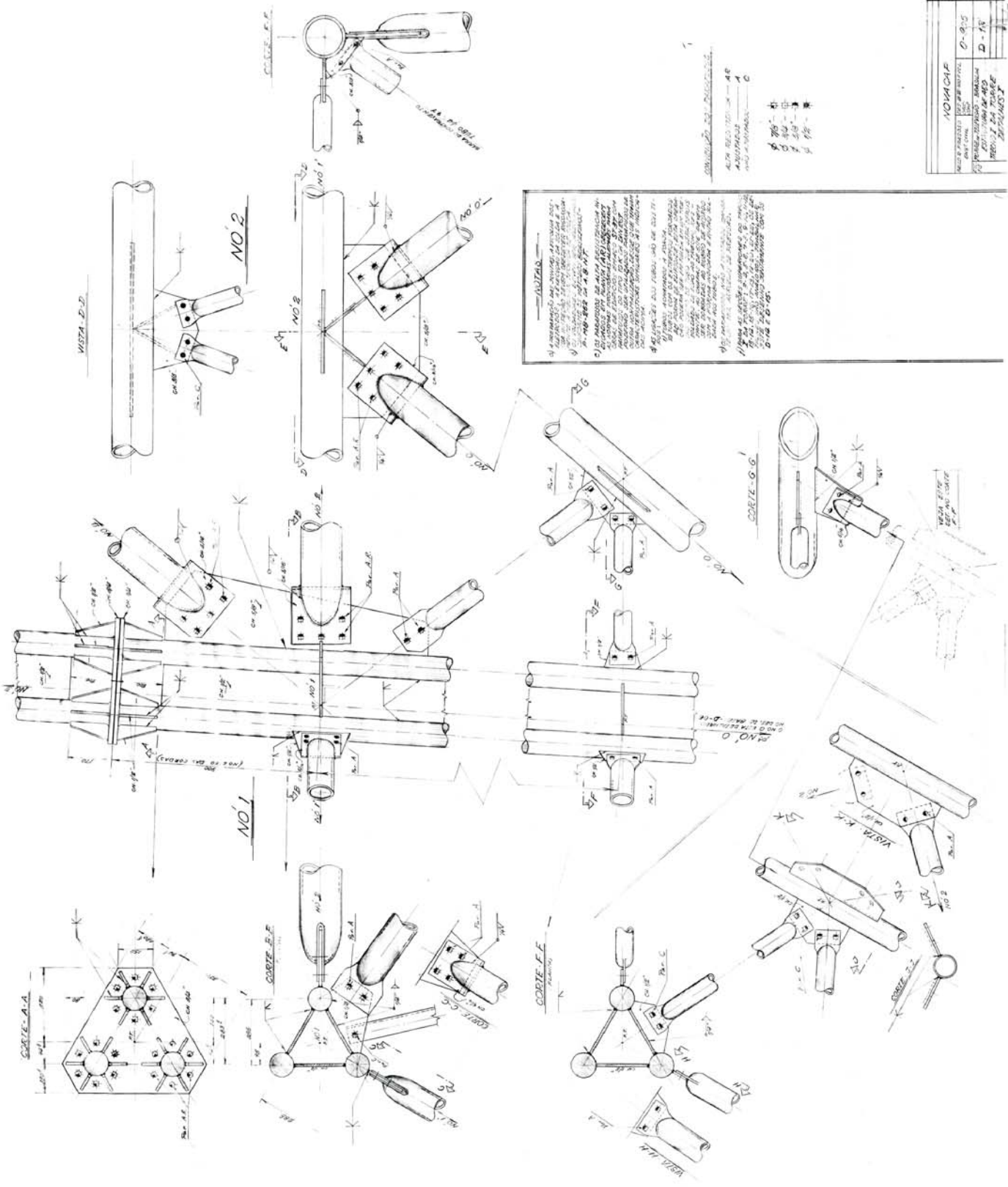
ESC. TORRE DE TELECOMUNICAÇÃO BRASÍLIA
ESTRUTURA DE AÇO
1:5

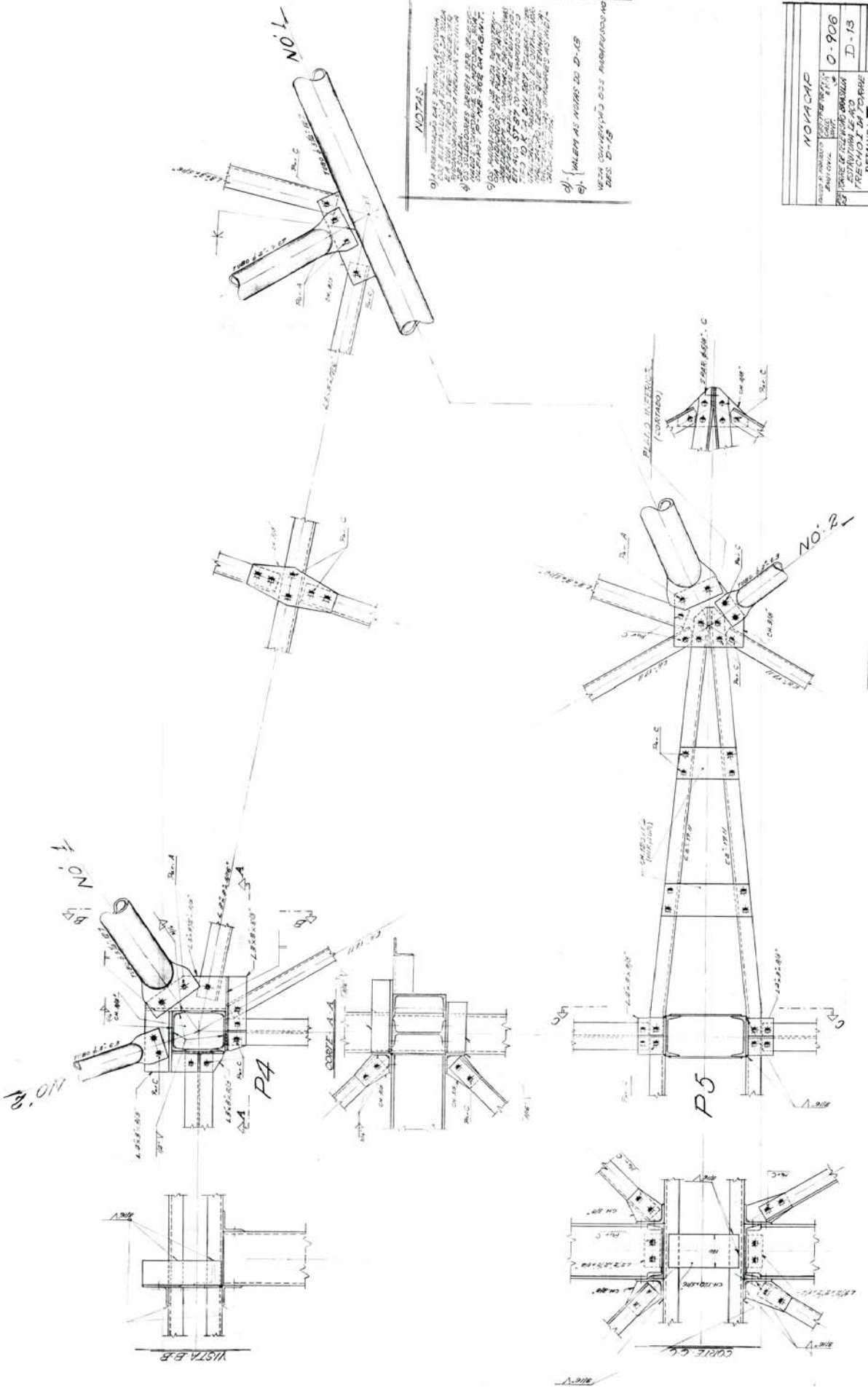
RECARGA I DA TORRE
EMENDAS DAS CORDAS

0-906

D-11

NOVA CHL	0-2-5
NOVA CHL	D-1-1
NOVA CHL	D-1-1
NOVA CHL	D-1-1
NOVA CHL	D-1-1





NOTAS

1) O PROJETO DESTE TOWER É DE RESPONSABILIDADE DA EMPRESA DE ENGENHARIA DE PROJETO E EXECUÇÃO DE OBRAS DE INFRA-ESTRUTURA LEAO D-13

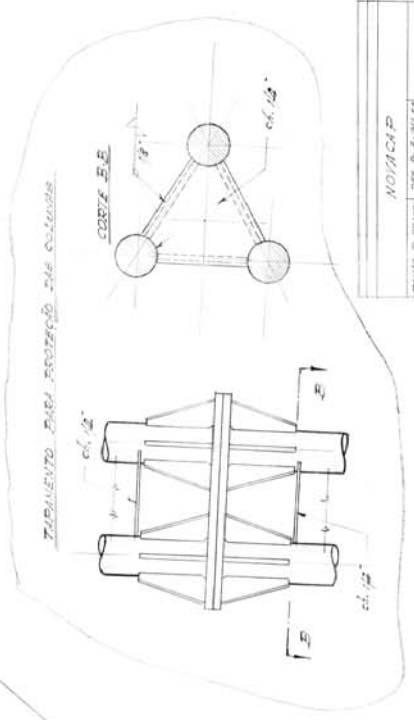
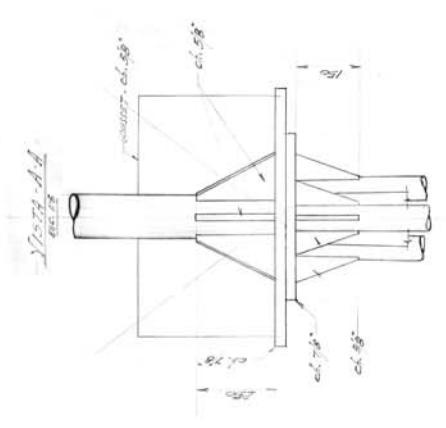
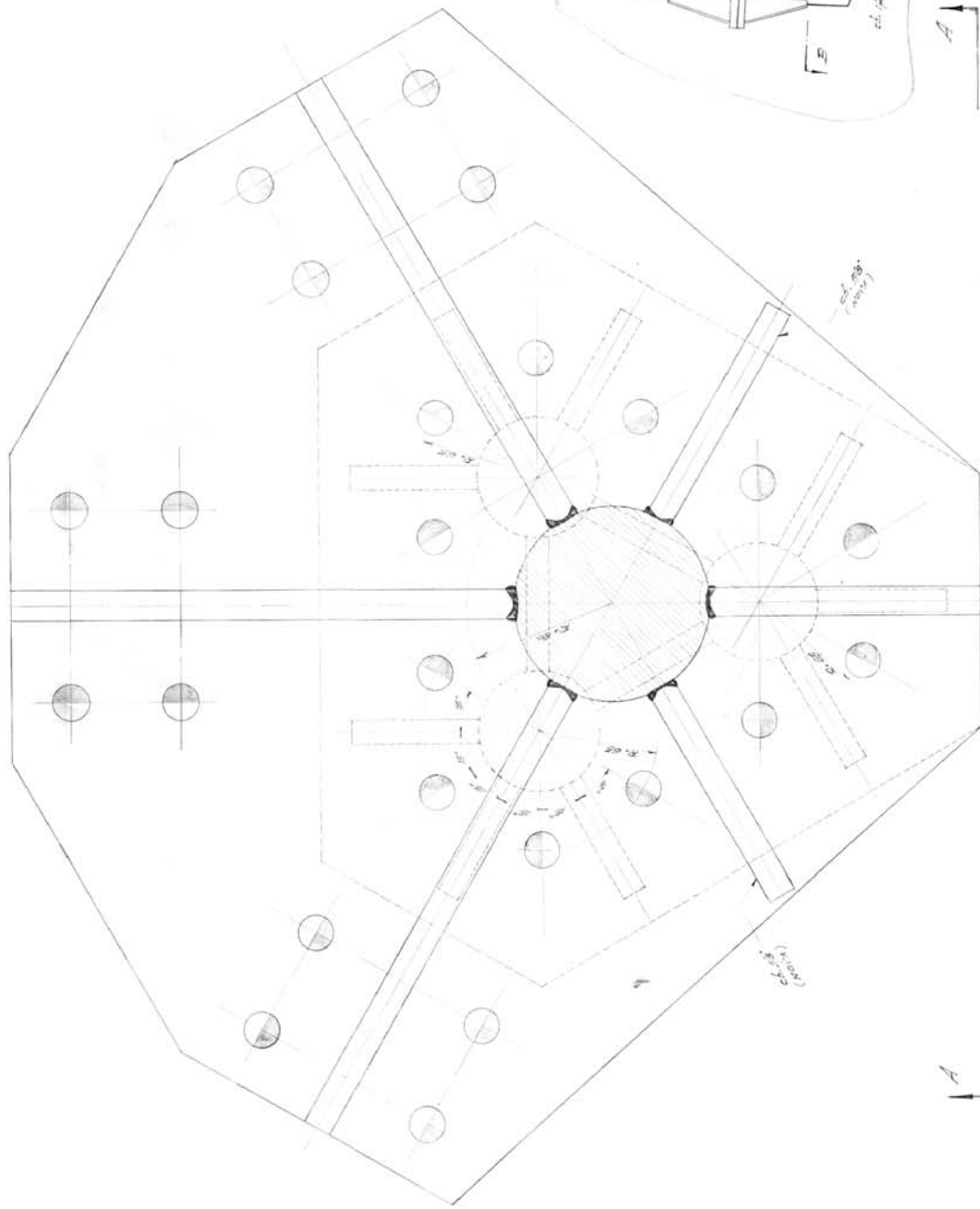
2) O PROJETO DESTE TOWER É DE RESPONSABILIDADE DA EMPRESA DE ENGENHARIA DE PROJETO E EXECUÇÃO DE OBRAS DE INFRA-ESTRUTURA LEAO D-13

3) O PROJETO DESTE TOWER É DE RESPONSABILIDADE DA EMPRESA DE ENGENHARIA DE PROJETO E EXECUÇÃO DE OBRAS DE INFRA-ESTRUTURA LEAO D-13

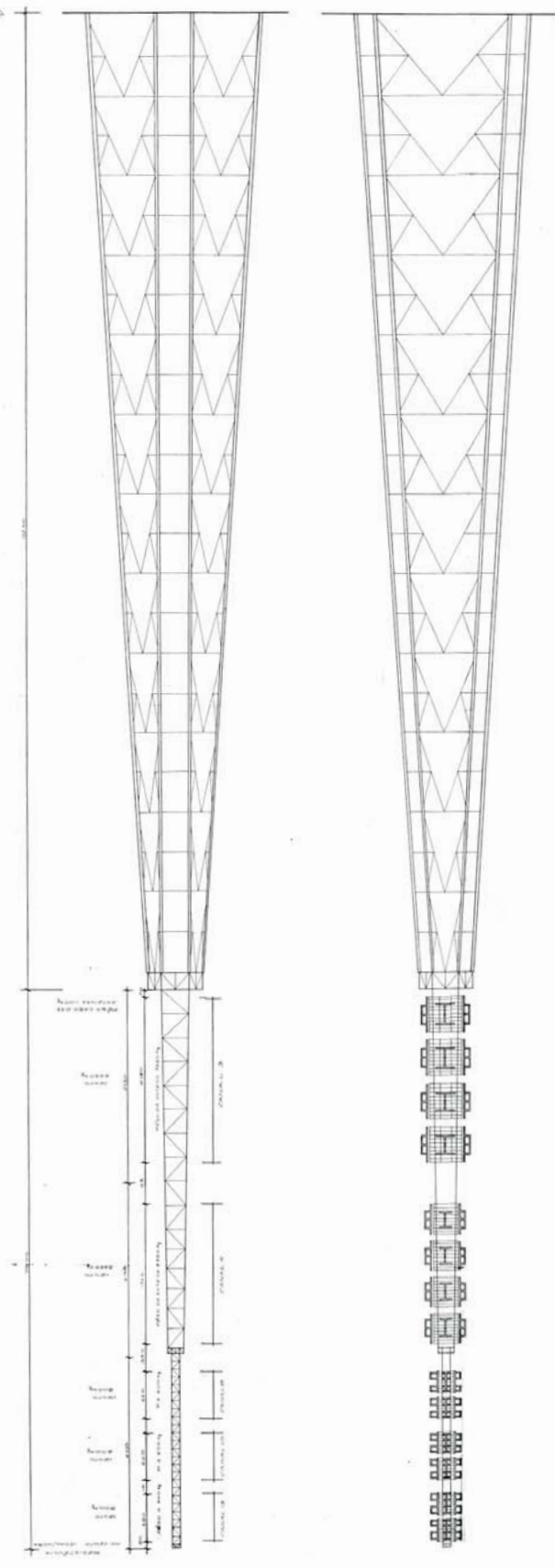
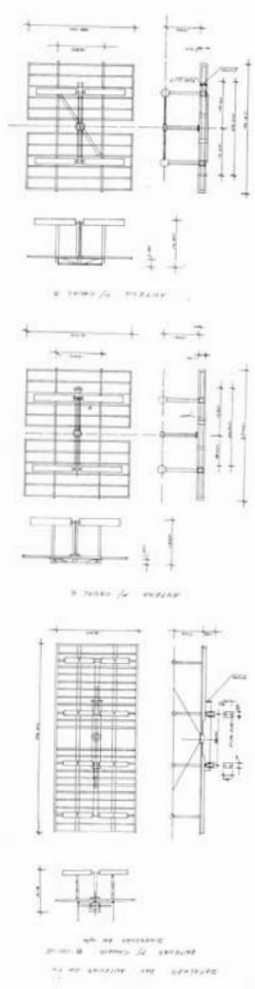
4) (MATERIAIS) VER O D-13

5) (MATERIAIS) VER O D-13

NOVACAP	
PROJETO DE ENGENHARIA DE PROJETO E EXECUÇÃO DE OBRAS DE INFRA-ESTRUTURA LEAO D-13	0-906
TRECHO I DA TORRE	D-13
DETALHES II	



NOTAÇÃO	
PROJETO DE FUNDAÇÃO	0 - 908
PROJETO DE ESTRUTURA METÁLICA	D. 28
PROJETO DE INSTALAÇÃO DE CORDOÃO	
PROJETO DE INSTALAÇÃO DE CORDOÃO	
PROJETO DE INSTALAÇÃO DE CORDOÃO	
PROJETO DE INSTALAÇÃO DE CORDOÃO	



EM	1/1
----	-----

Anexo B - Levantamento Fotográfico



Figura 116 – Vista do restaurante (Fonte:Autor)

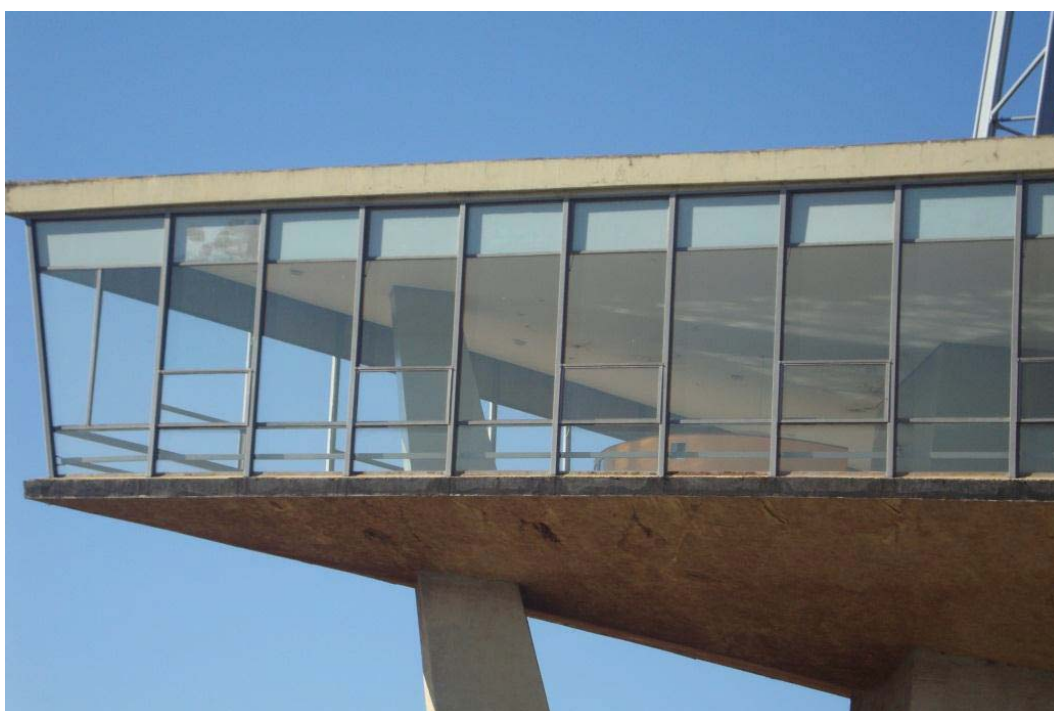


Figura 117 – Vista do pilar de concreto no pavimento superior (Fonte: Autor)



Figura 118 – Vista do fundo da laje do pavimento superior (Fonte: Autor)

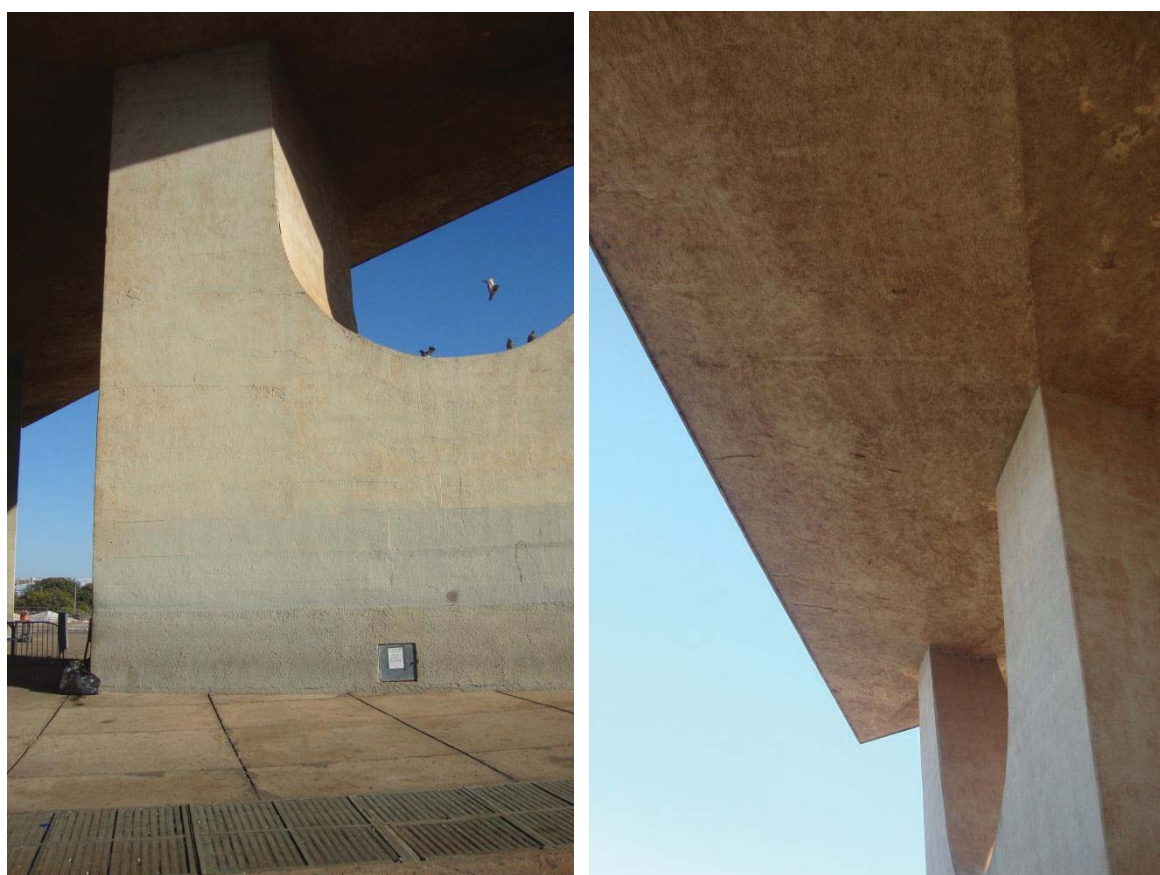


Figura 119 – Detalhe dos Pilares de Concreto Armado no Térreo (Fonte: Autor)



Figura 120 – Detalhe da Laje da Cobertura do Restaurante (Fonte: Autor)



Figura 121 – Detalhe da Laje da Cobertura do Restaurante (Fonte: Autor)



Figura 122 – Detalhe do Aparelho de Apoio das Cordas Principais na Laje de Cobertura do Restaurante (Fonte: Autor)



Figura 123 – Vista do Trecho I da Estrutura Metálica (Fonte: Autor)



Figura 124 – Detalhes das Ligações no Trecho I (Fonte: Autor)



Figura 125 – Detalhes das Ligações no Trecho I (Fonte: Autor)



Figura 126 – Detalhes das Ligações no Trecho I (Fonte: Autor)



Figura 127 – Vista da Transição do Trecho II (Fonte: Autor)

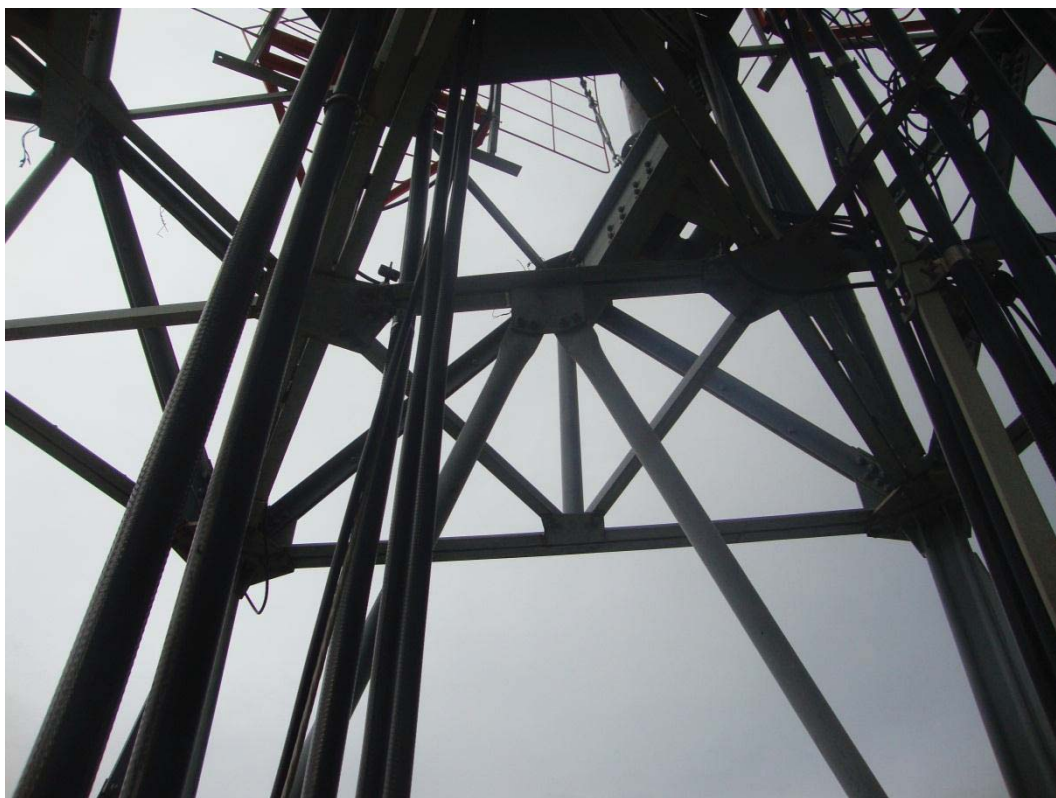


Figura 128 – Detalhe do Trecho II (Fonte: Autor)



Figura 129 – Detalhe da Viga de Transição do Trecho II (Fonte: Autor)

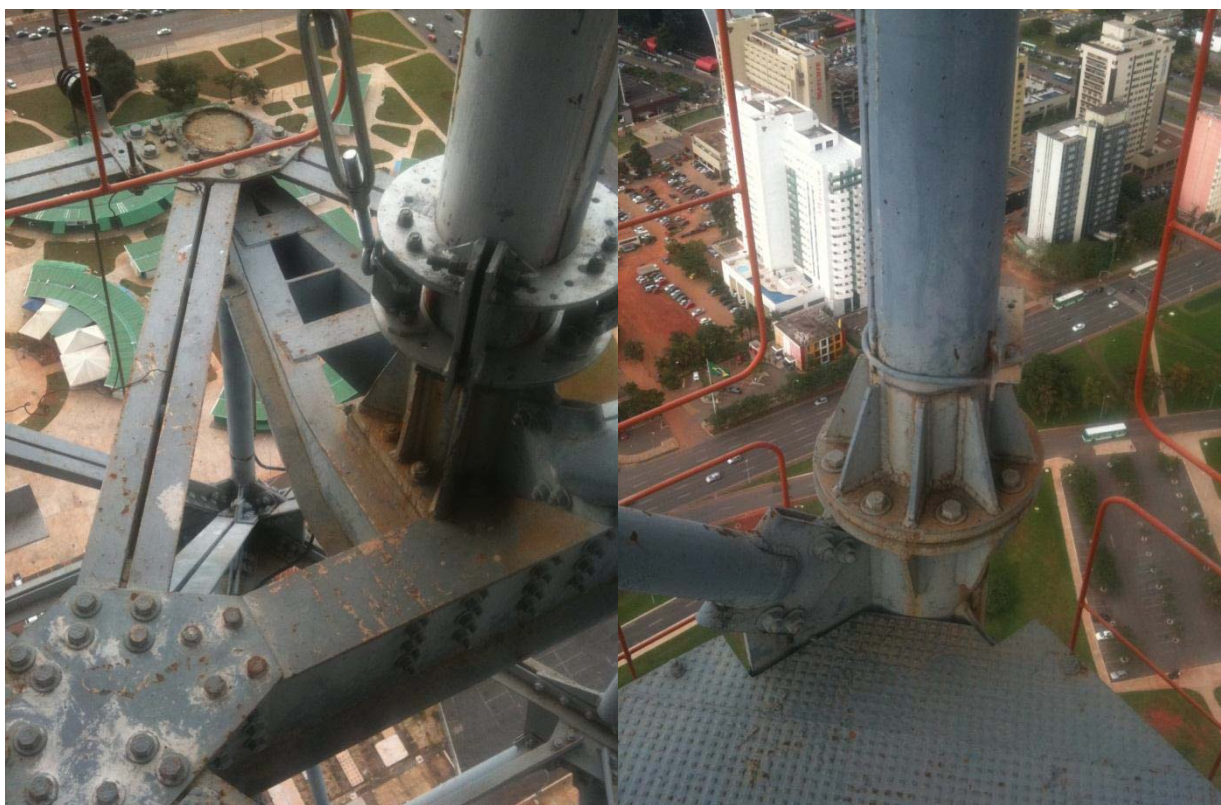


Figura 130 – Detalhes do Trecho II (Fonte: Autor)

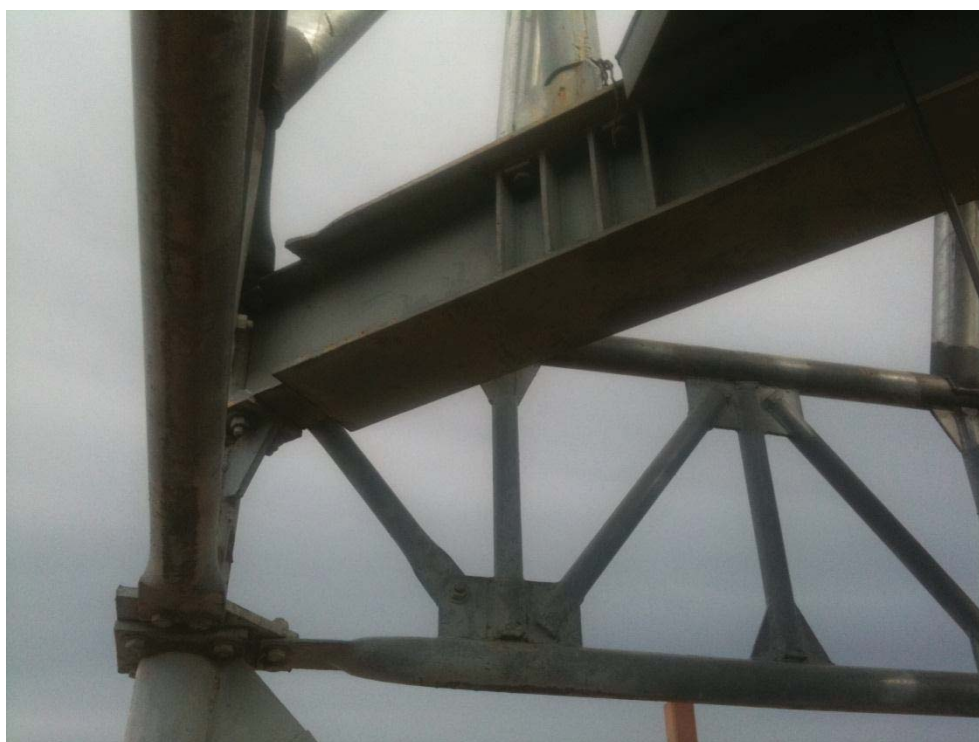


Figura 131 – Detalhe da Transição do Trecho III (Fonte: Autor)

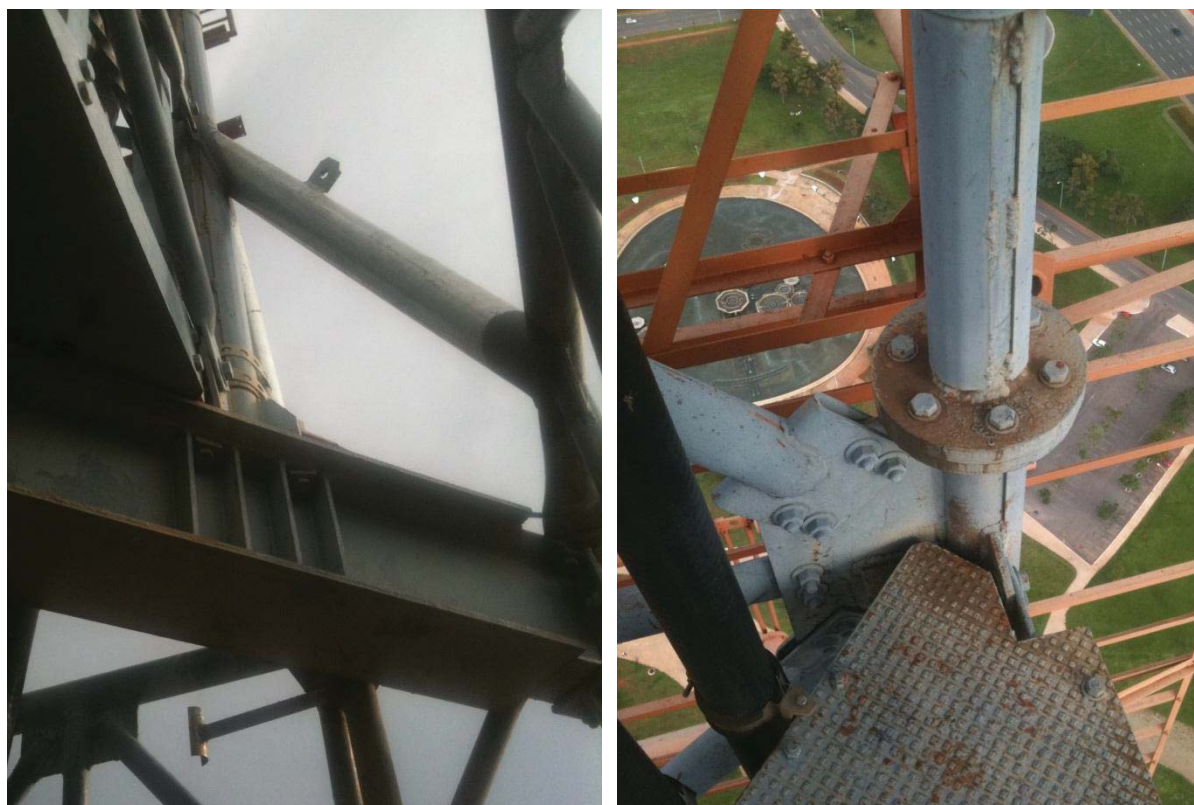


Figura 132 – Detalhe da Transição do Trecho III (Fonte: Autor)

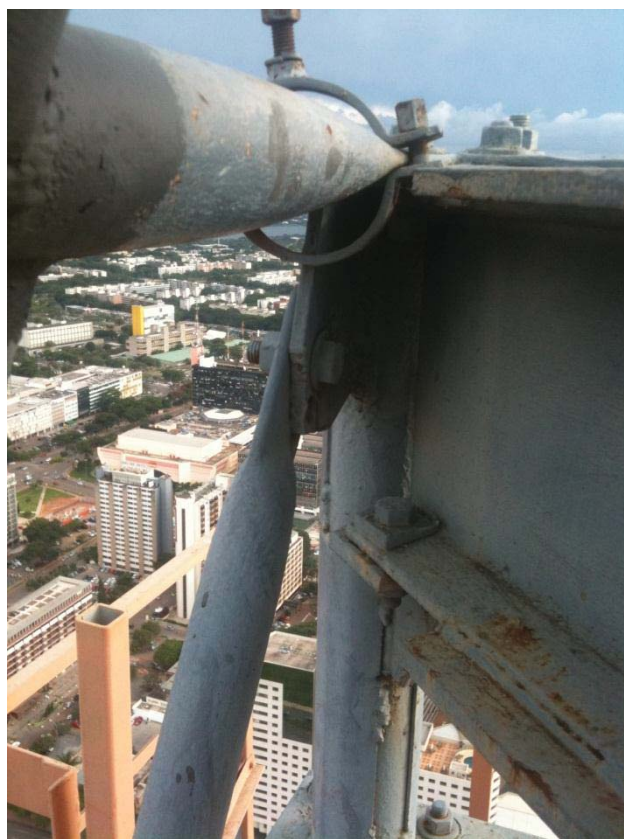


Figura 133 – Detalhe da Transição do Trecho III (Fonte: Autor)