

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB

FRANCISCO AFONSO DE CASTRO JÚNIOR

ALÉM DE L SOBRE 10

DIRETRIZES PARA O LANÇAMENTO
ESTRUTURAL ARQUITETÔNICO

Brasília

2014

FRANCISCO AFONSO DE CASTRO JÚNIOR

ALÉM DE L SOBRE 10

**DIRETRIZES PARA O LANÇAMENTO
ESTRUTURAL ARQUITETÔNICO**

Dissertação de Mestrado em
Arquitetura e Urbanismo, Área de
Concentração Tecnologia, Ambiente
e Sustentabilidade, Linha de
Pesquisa Técnicas e Processos do
Ambiente Construído para obtenção
do título de Mestre em Arquitetura
pela Universidade de Brasília,
Programa de Pós-Graduação da
Faculdade de Arquitetura e
Urbanismo

Orientador: Márcio Roma Buzar

Brasília
2014

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de Brasília. Acervo 1020031.

C355a Castro Júnior, Francisco Afonso de.
Além de L sobre 10 : diretrizes para o lançamento estrutural arquitetônico / Francisco Afonso de Castro Júnior. -- 2014.
197 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação, 2014.

Orientação: Márcio Roma Buzar.
Inclui bibliografia.

1. Análise estrutural (Engenharia). 2. Edifícios - Projetos. 3. Projeto arquitetônico. 4. Vigas.
5. Arquitetura. I. Buzar, Márcio Augusto Roma. II. Título.

CDU 72:624

FRANCISCO AFONSO DE CASTRO JÚNIOR

ALÉM DE L SOBRE 10

**DIRETRIZES PARA O LANÇAMENTO
ESTRUTURAL ARQUITETÔNICO**

Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Área de Concentração Tecnologia, Ambiente e Sustentabilidade, Linha de Pesquisa Técnicas e Processos do Ambiente Construído para obtenção do título de Mestre em Arquitetura pela Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Márcio Roma Buzar

Prof. Dr. João da Costa Pantoja



Prof. Dr. Luiz Carlos de Almeida

Brasília, 05 de dezembro de 2014.

DEDICATÓRIA

Aos meus amados pais, Francisco e Graciema, eternos companheiros, pelo carinho, amor, dedicação no dia-a-dia e por terem me ensinado o verdadeiro valor da vida, dedico este trabalho.

Às estrelas que sempre iluminam o meu viver: meus filhos Lucas e Thalita, meus amores.

AGRADECIMENTOS

À minha melhor Amiga **Sulamita Perfeito** pelo suporte irrestrito, confiança e fé, pela atenção frequente e, lógico, pelos ótimos momentos juntos regados a café. Sem você não teria conseguido...

Ao Engenheiro com alma de arquiteto, grande amigo, **Márcio Buzar**, agradeço imensamente o apoio, a objetividade, alegria e otimismo ao longo desses anos juntos. Que venham mais projetos!

Ao Arquiteto pisciano, meu irmão de escolha, **Márcio Vianna** pela força de sempre e pela lealdade até nos momentos em que somente era possível de ré andar para frente.

Aos Professores **Yopanan Rebello, João Pantoja e Luiz Carlos de Almeida** pela importante participação e pelas sugestões acertadas.

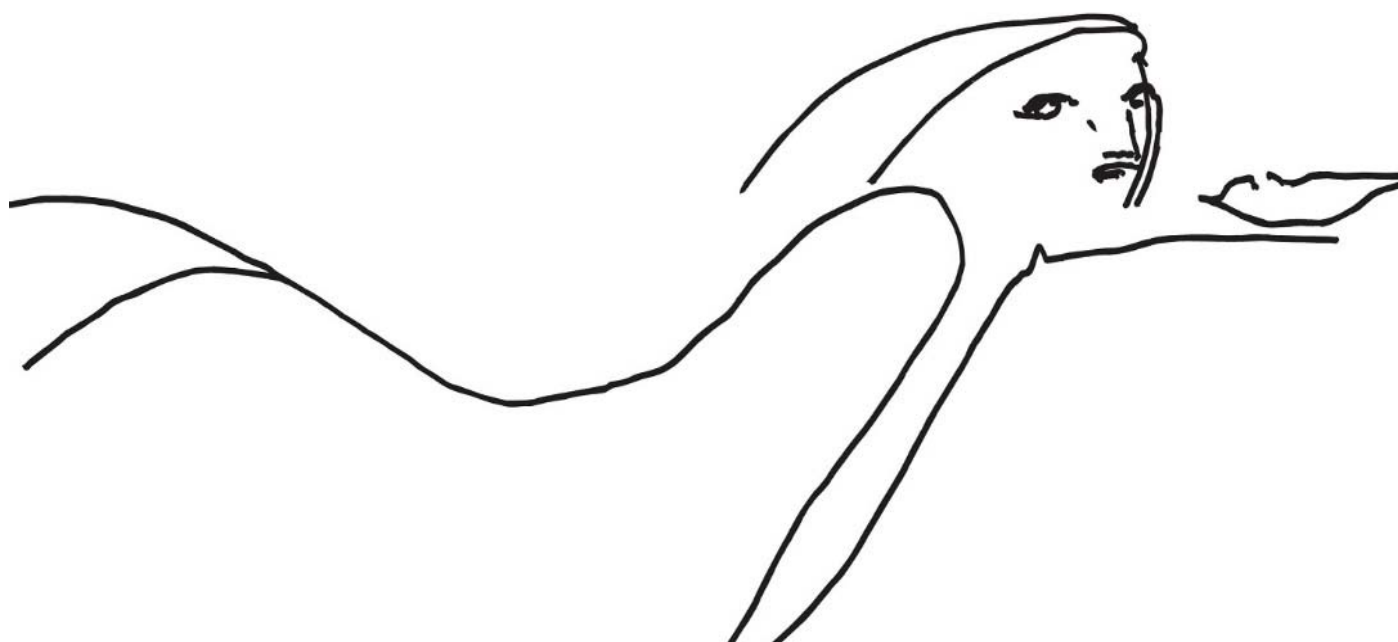
Ao Amigo **Ademaro Mollo** pelo exemplo de caráter e pelos ensinamentos que até hoje permeiam seus alunos. Saudades...

(in memoriam)

Aos colegas e parceiros **arquitetos e engenheiros, alunos, familiares** e outros tantos amigos que, de uma forma ou de outra, me auxiliaram com um desenho, um cálculo uma ideia ou um incentivo para a qualificação deste trabalho.

a vida faz parte do mistério
e é tanta coisa pra se desvendar...

Lenine



ou sem percebermos
os dias irão passando como um trem sem estação...
e lá estaremos nós com os pés no chão
mas encostando o céu com a palma das mãos.
tudo é possível, não há nada que se possa deter,
o que era impossível acaba de acontecer!

Paulinho Moska

Arquitetura
& Estrutura

Arquitestrutura



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO DA FACULDADE DE
ARQUITETURA E URBANISMO DE BRASÍLIA - PPG - UNB

ALÉM DE L SOBRE 10

Diretrizes para o Lançamento Estrutural Arquitetônico

RESUMO

O arquiteto é o idealizador e coordenador de todas as atividades de elaboração do projeto arquitetônico. Durante a fase de estudos preliminares, a estrutura deve ser concebida no partido arquitetônico uma vez que a arquitetura e a estrutura nascem juntas e, portanto, são indissociáveis. O lançamento estrutural na fase inicial da criação vem sendo alijado pouco a pouco por grande parte dos projetistas que se habitua, cada vez mais, à confecção sequencial dos projetos de arquitetura e de estrutura. Esta conduta desqualifica os projetos executivos com resultados negativos de compatibilização, erros na execução, maior consumo de matéria-prima e, conseqüentemente, aumentos significativos no custo final das edificações. Em primeiro lugar, o presente trabalho vem reforçar o caráter complementar do ensino e da prática das profissões ressaltando a problemática do descaso do lançamento estrutural com o objetivo de fomentar a discussão sobre o tema bem como ir além do pré-dimensionamento direto, o L Sobre 10, tão conhecido pelos arquitetos. Num segundo momento, em dois estudos de caso de viga e por meio dos critérios empírico, da flecha, da resistência e da expressividade, foram configurados diferentes arranjos de apoio para que se pudesse avaliar a altura da seção das vigas resultantes e das implicações na arquitetura do edifício. Buscou-se a partir dos resultados obtidos, a elaboração de algumas diretrizes no sentido de auxiliar o arquiteto na escolha do melhor arranjo de lançamento estrutural a ser adotado na fase de estudo preliminar arquitetônico.

Palavras Chave:

Integração - Projeto de Edificação - Lançamento Estrutural
Estudo Preliminar - Diretriz - Viga - Arquitetura - Engenharia

MASTER THESIS
ARCHITECTURE AND URBANISM POST-GRADUATE PROGRAM
UNIVERSITY OF BRASILIA - PPG - UNB

BEYOND L OVER 10
Guidelines for Architectural Structural Release

ABSTRACT

The architect is the founder and coordinator of all development activities of the architectural design. During the preliminary study stage, the structure must be designed in the architectural party since the architecture and the structure are born together and are therefore inextricably linked. The structural launch in the initial creation fase has been jettisoned by current designers that get used, increasingly, working in sequence way and then executing the architecture of project structure. This approach disqualifies executive projects with negative results of compatibility, mistakes in implementation, higher consumption of raw materials and consequently a significant increase in the final cost of the building. First, this study reinforces the complementary character of the teaching and practice of professions highlighting the problem of neglect of the structural release in order to foster discussion on the subject and go beyond the direct preliminary design, the L about 10, as very known by the architects. Secondly, in two case studies of beam and through the empirical criteria, the arrow, the strength and expressiveness, were set different support arrangements so that they could evaluate the height of the section of the resulting beams and architectural implications building. After the results, it have been prepared some guidelines to help the architect in choosing the best structural release arrangement to be adopted in architectural preliminary study phase.

Keywords:

Integration - Building Project - Launch Structural
Preliminary Study - Guidelines - Beam - Architecture
Engineering

Figura 1: Epígrafe: desenho de Oscar Niemeyer.	5
Figura 2: Epígrafe: Fotografias de Sebastião Salgado, Livro Genesis.	6
Figura 3: Oscar Niemeyer, Joaquim Cardoso e Paulo Werneck. Arquiteto, Engenheiro e Artista.	17
Figura 4: Cúpula da Câmara dos Deputados.	24
Figura 5: Oscar Niemeyer.	28
Figura 6: Croquis de Oscar Niemeyer.	32
Figura 7: Esquema genérico de um processo sequencial de desenvolvimento do projeto de edifícios - participação dos agentes ao longo do processo.	34
Figura 8: Gráficos de crescimento absoluto das faculdades de arquitetura (esquerda) e evolução do crescimento percentual (%) dos cursos de arquitetura e urbanismo no Brasil por décadas (direita).	51
Figura 9: Gráfico comparativo do crescimento da população e do número de cursos de arquitetura e urbanismo no Brasil.	52
Figura 10: Perdas Segundo o seu Momento de Incidência e sua Origem. Interferência do projeto na formatação de perdas.	56
Figura 11: Ponte Costa e Silva, Brasília. Oscar Niemeyer.	58
Figura 12: Capacidade do projeto de influenciar o custo final de um empreendimento de edifício ao longo de suas fases.	60
Figura 13: Procedimentos para realização do lançamento e pré-dimensionamento estrutural.	70
Figura 14: O partido Arquitetônico na arquitetura, exemplos.	71
Figura 15: 12 Fases do Processo de Projetação Arquitetônico com ênfase no lançamento estrutural.	73
Figura 16: A caverna, o arco e a "viga primitiva". Desenho do autor sobre imagem.	77
Figura 17: O Sistema de modilhão.	79
Figura 18: O Tesouro de Atreu na Grécia. Sistema de modilhão.	79
Figura 19: Catedral Anglicana de Brasília	80

Figura 20: Garagem de Barcos do Clube Santa Paula.	81
Figura 21: Casa Ludwig Erhard.	81
Figura 22: Museu de História Natural de Oxford.	82
Figura 23: Universidade de Oxford, Inglaterra.	85
Figura 24: Museu de Ciências Naturais de Oxford.	86
Figura 25: Detalhe do embasamento em blocos e da cobertura em ferro.	87
Figura 26: Vista Interna do Museu. Pilares e cobertura.	88
Figura 27: Detalhe dos arcos ogivais e de seu perfil. Museu em reforma.	88
Figura 28: Detalhe da cobertura em ferro e vidro.	89
Figura 29: Detalhe da cobertura em ferro e vidro.	89
Figura 30: Thomas Newenham Deane.	89
Figura 31: Benjamim Woodward	89
Figura 32: Tenda.	90
Figura 33: Esquema estrutural de uma catedral gótica.	91
Figura 34: Catedral de Chartres, 1145. Paris, França.	91
Figura 35: Catedral Anglicana.	91
Figura 36: Detalhe do tirante e contraventamento.	92
Figura 37: Detalhe da viga formato 'U' e das placas de concreto pré-moldadas.	92
Figura 38: Detalhe do tirante e contraven-tamento.	92
Figura 39: Detalhe do rebaixamento da nave.	93
Figura 40: Detalhe dos arranques dos apoios.	93
Figura 41: Catedral Anglicana.	94
Figura 42: Construção Catedral Anglicana.	94
Figura 43: Catedral Anglicana.	94
Figura 44: Catedral Anglicana.	94
Figura 45: Glauco Campello.	94
Figura 46: Garagem de Barcos do Clube Santa Paula.	95
Figura 47: Corte e Fachadas.	96
Figura 48: Detalhe dos pórticos conjugados - viga.	96
Figura 49: Detalhe dos pórticos conjugados - viga.	97
Figura 50: Detalhe das rótulas.	97
Figura 51: Detalhe das rótulas.	97

Figura 52: Detalhe do apoio.	98
Figura 53: Garagem de Barcos do Clube Santa Paula.	98
Figura 54: A bailarina e o edifício.	100
Figura 55: Vilanova Artigas.	100
Figura 56: Casa Ludwig Erhard, Berlim, 1998.	101
Figura 57: Vista aérea da Casa Ludwig Erhard.	103
Figura 58: O arco, elemento estável.	104
Figura 59: Átrio, vista interna.	105
Figura 60: Desenho do arquiteto. Concepção dos apoios articulados.	106
Figura 61: Detalhes dos apoios dos arcos.	106
Figura 62: Detalhe do apoio articulado.	106
Figura 63: "O ser vivo", "o tatu", "o bicho" semiescondido na paisagem urbana.	107
Figura 64: Detalhe do sistema estrutural explícito na construção do edifício.	108
Figura 65: Detalhe da barra apoiada sobre o arco.	108
Figura 66: Detalhe dos tirantes sob o arco e da barra que sustenta os pavimentos avançados.	108
Figura 67: Nicholas Grimshaw.	109
Figura 68: O átrio, os pavimentos e os tirantes.	110
Figura 69: Centro Administrativo de Belo Horizonte, Oscar Niemeyer.	111
Figura 70: A "evolução da viga".	113
Figura 71: "A viga Versátil".	114
Figura 72: Lintel.	115
Figura 73: Lintel Stonehenge.	115
Figura 74: Lintel.	115
Figura 75: Lintel.	115
Figura 76: Vigas do Masp, São Paulo.	116
Figura 77: A Viga e o caminho das forças: elemento de estrutura de seção ativa.	117
Figura 78: O caminho natural das forças.	118
Figura 79: As barras vigas e pilares.	119
Figura 80: Igreja da Pampulha, Oscar Niemeyer.	120

Figura 81: Catedral de Brasília, Oscar Niemeyer. _____	126
Figura 82: Edifício Principal da Sede da Caixa Central de Alocações Familiares após reforma, Paris, 1955-1959. Raymond Lopez e Marcel Réby. _____	128
Figura 83: Edifício Principal da Sede da Caixa Central de Alocações Familiares, Paris, 1955-1959. Raymond Lopez e Marcel Réby. _____	129
Figura 84: Detalhe do sistema estrutural adotado. _____	130
Figura 85: Detalhe da viga e do momento fletor. _____	131
Figura 86: Detalhe do sistema estrutural adotado. _____	131
Figura 87: Planta de estrutura do pavimento tipo e marcação da viga, objeto do estudo (em vermelho). _____	132
Figura 88: Detalhe do perfil da viga. _____	132
Figura 89: Viga estudo de caso. Detalhe da viga e dos apoios com aplicação da carga distribuída para análise. _____	134
Figura 90: Proposição Original Construída. Detalhe da viga A1. _____	138
Figura 91: Proposição A2. Detalhe dos apoios (pilares) e momento fletor equilibrado. _____	139
Figura 92: Proposição A2. Detalhe da viga. _____	141
Figura 93: Proposição A3. Detalhe dos apoios (pilares) e momento fletor. _____	142
Figura 94: Proposição A3. Detalhe da viga. _____	144
Figura 95: Detalhe arranjo viga e pilar correntemente utilizado na arquitetura. _____	145
Figura 96: Proposição A4. Detalhe dos apoios (pilares) e momento fletor. _____	145
Figura 97: Proposição A4. Detalhe da viga. _____	147
Figura 98: Proposição A5. Detalhe dos apoios (pilares) e momento fletor. _____	148
Figura 99: Proposição A5. Detalhe da viga. _____	150
Figura 100: Edifício principal da Sede da Caixa Central de Alocações Familiares, Paris, 1955-1959. Raymond Lopez e Marcel Réby. _____	159

Figura 101: Edifício principal da Sede da Caixa Central de Alocações Familiares. _____	159
Figura 102: Detalhe das vigas. Proposições A2, A5 A1, A3 e A4 em ordem crescente de altura de seção, 61,2cm, 80cm, 95cm, 130cm e 160cm, respectivamente. _____	160
Figura 103: Detalhe Viga A2 . Altura (d) = 612mm. _____	161
Figura 104: Detalhe das lajes e das vigas de cobertura. _____	164
Figura 105: Fotograma original, arquitetura. _____	165
Figura 106: Fotograma original, arquitetura. _____	165
Figura 107: Detalhe Pilares, Viga Mestra e Vigas Transversais. _____	165
Figura 108: Detalhe da base das Vigas Transversais. _____	165
Figura 109: Detalhe vínculo pilar x Viga Mestra e Viga Mestra x Pilar. _____	166
Figura 110: Detalhe da altura da Viga Mestra aparente no conjunto. _____	166
Figura 111: Detalhe da ponta da Viga Transversal - Medição in loco. _____	166
Figura 112: Detalhe da Viga Transversal. _____	166
Figura 113: Edifício Touring de Brasília, 1963. _____	167
Figura 114: Detalhe do conjunto. _____	168
Figura 115: Detalhe dos pilares, vigas mestras e vigas transversais. _____	168
Figura 116: Detalhe da Viga sugerida pelo "desenho" do momento fletor e detalhe do Diagrama de Momento Fletor. _____	169
Figura 117: Detalhe da viga mestra e da Viga transversal objeto de estudo. _____	169
Figura 118: Detalhe do desenho da viga de estudo. _____	169
Figura 119: Corte Esquemático do pavimento superior. _____	170
Figura 120: Cálculo do Peso próprio da viga transversal. _____	171
Figura 121: Carga Total resultante para efeito de cálculos. _____	172
Figura 122: Diagrama de Momento Fletor. Primeira tentativa de equilibrar os momentos positivo e negativo. _____	174
Figura 123: Análise comparativa entre as vigas. _____	176
Figura 124: Compilação dos "desenhos possíveis" da viga. _____	177

Figura 125: Iate Clube de Belo Horizonte. _____	178
Figura 126: Diagrama do Momento Fletor. _____	178
Figura 127: Iate Clube de Belo Horizonte. _____	178
Figura 128: Diagrama do Momento Fletor e Viga resultante. 01 vão livre. _____	179
Figura 129: Diagrama do Momento Fletor e Viga resultante. 01 vão e 01 balanço iguais. _____	180
Figura 130: Diagrama do Momento Fletor e Viga resultante. 01 vão e 01 balanço com momentos positivo e negativo equilibrados. _____	180
Figura 131: Catedral de Brasília, Oscar Niemeyer. _____	182
Figura 132: Favela da Rocinha, Rio de Janeiro. _____	188

Tabela 1: Interdisciplinaridade entre os cursos de arquitetura e engenharia. _____	48
Tabela 2: Pré-dimensionamento Empírico de Altura de Seção de Viga. _____	123
Tabela 3: Critério da Resistência. _____	124
Tabela 4: Cálculo Empírico de Flecha. _____	124
Tabela 5: Tabela Consolidada Viga A1. Critério empírico L sobre 20, critério da resistência e critério da flecha. _____	138
Tabela 6: Tabela Consolidada Viga A2. Critério empírico L sobre 20, critério da resistência e critério da flecha. _____	141
Tabela 7: Tabela Consolidada Viga A3. Critério empírico L sobre 20, critério da resistência e critério da flecha. _____	144
Tabela 8: Tabela Consolidada Viga A4. Critério empírico L sobre 20, critério da resistência e critério da flecha. _____	147
Tabela 9: Tabela Consolidada Viga A5. Critério empírico L sobre 20, critério da resistência e critério da flecha. _____	150
Tabela 10: Sede da Caixa Central de Alocações Familiares em Paris. Tabela Geral Consolidada das Vigas A1, A2, A3, A4 e A5. Critério consumo de aço e custo total das vigas. _____	154
Tabela 11: Tabela de Resultados Comparativos entre as vigas A1 Original e A2. _____	162
Tabela 12: Tabela Consolidada Viga C1. Critério empírico L sobre 10, critério da resistência e critério da flecha. _____	173
Tabela 13: Tabela Consolidada Viga C2. Critério empírico L sobre 10, critério da resistência e critério da flecha. _____	175

1	INTRODUÇÃO	17
2	METODOLOGIA	24
3	OBJETIVOS	28
4	O DESCASO COM O LANÇAMENTO ESTRUTURAL	
	DISSOCIAÇÃO ARQUITETURA E ESTRUTURA	32
4.1	A QUESTÃO PROFISSIONAL	37
4.2	A QUESTÃO ACADÊMICA	45
4.3	PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	55
5	INTEGRAÇÃO ARQUITETURA E ESTRUTURA - IMPORTÂNCIA	58
5.1	LANÇAMENTO ESTRUTURAL - UMA BREVE DISCUSSÃO	66
5.2	EXEMPLOS HISTÓRICOS	74
5.2.1	Museu de História Natural, Oxford, 1860	85
5.2.2	Catedral Anglicana, Brasília, 1961	90
5.2.3	Garagem de Barcos Clube Santa Paula, São Paulo, 1961	95
5.2.4	Casa Ludwig Erhard, Berlim, 1998	101
6	A VIGA VERSÁTIL	111
7	PRÉ - DIMENSIONAMENTO	
	UM POUCO ALÉM DE L SOBRE 10	120
7.1	ESTADOS UNIDOS E BRASIL	121
7.2	CRITÉRIOS PARA O LANÇAMENTO ESTRUTURAL	122
8	ESTUDOS DE CASO	126
8.1	SEDE DA CAIXA CENTRAL DE ALOCAÇÕES FAMILIARES, PARIS	128
8.1.1	CRITÉRIOS BASEADOS NO DESENHO ESTRUTURAL A DIRETRIZ	151
8.2	EDIFÍCIO TOURING, BRASÍLIA	163
8.2.1	CRITÉRIOS BASEADOS NO DESENHO ESTRUTURAL A DIRETRIZ	176
9	CONCLUSÃO	182
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	189
	OBRAS CONSULTADAS	191
	APÊNDICE A - Programa Ftool e Planilha Excel	193
	APÊNDICE B - Tabela Gerdau	194
	APÊNDICE C - Tabela Usiminas	196



Figura 3: Oscar Niemeyer, Joaquim Cardoso e Paulo Werneck. Arquiteto, Engenheiro e Artista. Fonte: Internet domínio público.

O arquiteto é o idealizador e coordenador de várias dimensões do projeto arquitetônico. É indispensável que domine disciplinas técnicas, mais especificamente de estrutura e de sistemas estruturais a fim de que possa obter controle e qualidade em todo o processo de projeção. Ao conceber qualquer tipo de arquitetura, o projetista deve conhecer e dominar conceitualmente os fundamentos da estrutura a ser aplicada no partido arquitetônico.

A associação da arquitetura e da estrutura ocorre nos primeiros traços delineadores do estudo preliminar arquitetônico. Nesta fase, não se faz necessária a exatidão dos cálculos físico-matemáticos da engenharia. Ao contrário, faz-se necessário o rigor dos conceitos estruturais, o rigor de suas aplicabilidades, o rigor do equilíbrio, princípio fundamental e inerente aos campos da arquitetura e da engenharia. Nesta etapa faz-se imprescindível o raciocínio, a prática e a expressão do desenho e do seu poder sintetizador da intenção criadora do arquiteto momento em que, magistralmente, engendra, desenvolve fórmulas e conclui com inúmeros resultados ótimos e possíveis. Envolve o conhecimento e o domínio dos fundamentos estruturais concernentes ao projeto de arquitetura, tais como: os sistemas estruturais existentes, a aplicabilidade desses sistemas estruturais, os materiais e tecnologias disponíveis e sua viabilidade no projeto arquitetônico.

Em contrapartida, na engenharia é primordial o entendimento de que a solução estrutural extrapola as fórmulas e os resultados uma vez que a estrutura existe para possibilitar o desempenho das atividades humanas, das mais básicas às mais complexas. A principal função da estrutura é a de manter a edificação estável e segura para o suprimento de seus usuários ao mesmo tempo que viabiliza os espaços arquitetônicos e seus respectivos usos.

"A causa da arquitetura - passado e presente - é suprir e interpretar o espaço para a existência e ação do homem; isso é

conseguido através da moldagem da forma do material" (ENGEL, 2001 p. 19).

A arquitetura perderia o seu propósito sem a completude estrutural e a engenharia civil inexistiria não fosse as necessidades espaciais e funcionais do ser humano. Quaisquer que sejam as discussões e debates no intuito de resgatar a verdadeira interseção entre estes campos, são de todo positivas.

O arquiteto é o agente responsável por essa integração elementar entre os campos da engenharia e da arquitetura. Compete-lhe a faculdade global das ações a serem desempenhadas no sentido de promover ao máximo a integridade formal do projeto.

"Uma obra arquitetônica é única e indivisível, deve ser concebida como um todo formal, funcional e técnico. [...] O arquiteto necessariamente deve dominar o conhecimento, a estratégia e a arte do projeto estrutural" (DIEZ, 2012 p. 11).

Desde os primórdios da história, face às exigências da natureza e face à necessidade de perpetuação da espécie, o homem se viu "obrigado" a interferir na organização dos espaços naturais tanto para o seu abrigo quanto para a sua segurança. Não muito diferente dos pássaros e de outros animais, cabe lembrar, porém poder-se-ia dizer que naquele período já era um "arquiteto nato". Com o passar do tempo, com as transformações da natureza e com a formação dos agrupamentos humanos, foram necessárias construções mais complexas. Neste período, alguns indivíduos, desenvolveram habilidades para estas atividades específicas; o trabalho e os ofícios começavam a ser divididos. Estes seres habilidosos planejavam e construía empiricamente. Não havia diferença entre idealizador, executor e usuário. O homem formava uma unidade com a vida, com a arquitetura. Desta maneira, a prática das construções desenrolou-se durante muitos séculos com o surgimento de edificações cada vez mais complexas, reflexo das necessidades, dos anseios, das culturas locais e das possibilidades que a tecnologia permitia, ou seja, do processo

evolutivo da raça humana e de sua exclusiva faculdade de raciocinar.

Este breve retrospecto da história da prática construtiva interessa neste contexto para demonstrar a atuação milenar do arquiteto¹, do agente idealizador e executor das construções para a expressão e o desempenho de todas as funções inerentes à vida. O termo engenheiro² data do século XIV mas toma vulto somente durante a revolução industrial período em que recrudescer a prática das especializações. Naquele período foi extremamente necessário um especialista, um profissional que fosse capaz de "mecanizar" o processo artesanal, ou seja, um indivíduo que possuísse o talento para engendrar máquinas e poderosas engenhocas para a produção em massa.

Preliminarmente à revolução industrial não havia uma diferença extrínseca entre as duas capacidades. O arquiteto era também o coordenador das atividades de obra e, conseqüentemente, desenvolvia as soluções estruturais além de acompanhar e participar da construção das edificações. Os protagonistas destes períodos férteis (como exemplo o período gótico e o renascimento) eram, na verdade, engenheiros/arquitetos, seres humanos especiais pois além de atuarem na materialização dos espaços arquitetônicos tinham que lidar com as forças religiosas, acadêmicas, políticas e econômicas vigentes e, portanto, eram detentores de grande sabedoria, sensibilidade, objetividade, coragem e dedicação.

Por outro lado, os novos rumos da humanidade alteraram a relação entre a prática da arquitetura e da engenharia. Pode-se declarar que no período da revolução industrial inaugurou-se a "separação" entre a arquitetura e a engenharia.

¹ Arquitetura: do Grego ARKHITEKTON, mestre de obras, obreiro-chefe, de ARKHEIN, comandar, dirigir e TEKTON, construtor, artesão, carpinteiro. Passou pelo Latim ARCHITECTUS antes de vir para nosso idioma. Fonte: <<http://origemdapalavra.com.br/site/>> Acesso: 28 de outubro de 2014.

² Engenheiro: século XIV: construtor de engenhos (máquinas) militares. Mais tarde, surgiu o engenheiro civil, que aplicava sua capacidade de descobrir soluções práticas não na guerra mas nas cidades e em tempo de paz. Fonte: <<http://www.dicionarioetimologico.com.br/>> Acesso: 28 de outubro de 2014.

Com o passar do tempo, a ciência, o ensino e as profissões especializaram-se cada vez mais. Esta discussão compete a outras áreas do conhecimento não sendo o cerne desta pesquisa. Contudo, é importante ressaltar que a especialização, presumidamente, exerceu e ainda exerce influência na prática da dissociação entre os universos da arquitetura e da engenharia. Universos estes complementares, podendo-se até afirmar, "simbióticos".

Não é aconselhável a prática e concepção da arquitetura sem que haja a mínima compreensão da solução estrutural a ser adotada. Inúmeros profissionais acham ser possível esta proeza relegando ao engenheiro a mágica do equacionamento estrutural num segundo momento.

Um bom arquiteto, hoje em dia, deve ser um generalista, muito versado em distribuição de espaço, em técnicas de construção e sistemas elétricos e mecânicos mas também deve entender bem de finanças, bens imobiliários, comportamento humano e conduta social. Ademais, é um artista, com direito a expressar seus dogmas estéticos. Deve conhecer tantas especialidades que, às vezes, diz-se que ele não sabe quase nada a respeito de tudo. O engenheiro, por outro lado, é, por treinamento e constituição mental, um indivíduo pragmático. É especializado em determinados aspectos específicos da engenharia e nesses aspectos apenas. [...] Não é de admirar que o engenheiro é tido como um profissional que sabe tudo sobre nada! As personalidades desses dois profissionais tendem a entrar em choque. **Feliz é o cliente cujo arquiteto entende de estrutura e cujo engenheiro estrutural é um apreciador da estética da arquitetura. Em última análise, o arquiteto é o líder da equipe de construção e sobre ele recai a responsabilidade e a glória do projeto** (SALVADORI, 2006 p. 10)[grifo nosso].

Diante destas premissas, o ponto de partida desta dissertação foi a constatação de que os profissionais de arquitetura, aos poucos, engajam-se cada vez menos com questões, soluções e aplicações estruturais intrínsecas ao terreno da projeção. O que pode ser feito para alterar este cenário com vistas à Integração Arquitetura e Estrutura? Quais são os fatores que têm interferido na formação acadêmica dos arquitetos e na sua prática profissional?

Como em todos os diversos campos da ciência, inúmeros são os caminhos e possibilidades de contribuição e, neste caso, o rumo foi direcionado no sentido de retomar a discussão sobre o arquiteto - agente central do processo de projeto - bem como estabelecer critérios de lançamento³ estrutural para, posteriormente, transformarem-se em diretrizes práticas de lançamento da estrutura na fase do estudo preliminar arquitetônico. O lançamento estrutural nesta fase promove a integração fundamental, conjuga os genes básicos da arquitetura e da engenharia com vistas a um resultado satisfatório, integrado, mormente a uma solução ótima de projeto. Desdobramentos em função desta prática irão ocorrer ao longo de todo o percurso criativo motivo deste recorte no processo projetual.

Ajustes na metodologia de elaboração de projetos arquitetônicos devem ser contínuos face as iminentes transformações da tecnologia moderna. O desenvolvimento de diretrizes práticas com vistas a auxiliar o arquiteto nessa difícil tarefa vêm ao encontro à estas exigências e, portanto, vêm amparar o projetista na tomada de decisão durante a maratona projetual.

Infinitas são as possibilidades da criação arquitetônica, infinitos são os arranjos e soluções estruturais. Com efeito, não se pretende com este trabalho proximidade com tamanha grandeza de especulações e, menos ainda, o retorno à definitivas soluções. A pretensão aqui é a de fixar a direção e o sentido do caminho a ser tomado o qual, neste caso, é consumado no despertar da discussão sobre o tema e, principalmente, no estabelecimento de uma diretriz que possa servir ao arquiteto na qualificação de seus projetos.

³ Entenda-se como lançamento estrutural neste trabalho, a adoção de um ou mais sistemas estruturais intrínsecos ao estudo preliminar arquitetônico. Lançar a estrutura significa concebê-la, ou seja, compreender a maneira pela qual o edifício ficará de pé, estável e seguro. O lançamento também preconiza a locação dos elementos estruturais básicos, pilares, vigas e lajes e, dependendo do caso, o pré-dimensionamento destes. Mais à frente, este tema será tratado em capítulo específico.

Pesquisas neste sentido, ou seja, possíveis extensões deste trabalho, poderão ser direcionadas futuramente com o intuito de examinarem-se diferentes situações estruturais com a leitura e avaliação das respectivas configurações dos elementos, ora mais ora menos otimizados, que por sua vez produzirão novas diretrizes, novas ferramentas práticas de integração dos campos concorrentes. Outra possibilidade reside na análise e na avaliação, por meio de estudos de caso, da relação e da influência que a estrutura perpetra no projeto arquitetônico ou de como a arquitetura ordena a solução estrutural adotada tanto para sua qualificação quanto para a sua desqualificação. A análise deste enquadramento permitirá compreender um pouco da relação que permeia a arquitetura e a engenharia esclarecendo pontos obscuros do projeto, permitindo a compreensão das reais intenções dos projetistas.

É nesse contexto que se insere a presente pesquisa. Conscientizar o arquiteto da importância do lançamento estrutural e da integração arquitetura e estrutura, bem como estabelecer alguns critérios que possam constituir-se em diretrizes práticas para o lançamento na fase de estudo preliminar arquitetônico, auxiliando-o na sua prática profissional.



Figura 4: Cúpula da Câmara dos Deputados.
Fonte: Internet domínio público.

A natureza desta pesquisa foi definida no sentido de gerar conhecimentos para a aplicação prática de problemas específicos. Trata-se de uma pesquisa qualitativa em que considerou-se a relação dinâmica entre o sujeito e o mundo real onde a base encontra-se no processo e o foco na interpretação dos fenômenos e na atribuição de significados, neste caso, a diretriz.

Adotou-se neste trabalho de pesquisa científica cinco procedimentos metodológicos, quais foram:

- a) Revisão bibliográfica;
- b) Análise de exemplos históricos aplicados;
- c) Instituição de critérios práticos para o lançamento estrutural arquitetônico;
- d) Estudos de caso e proposições para otimização do arranjo arquitetura e estrutura;
- e) Estabelecimento de diretrizes embasadas na composição estrutural com vistas à melhoria do projeto arquitetônico.

A revisão bibliográfica visou identificar o estado da arte, o arcabouço acadêmico até então produzido acerca da problemática da dissociação entre a arquitetura e a engenharia, ou seja, identificar a massa crítica a respeito do tema, linhas de pesquisa assim como as áreas envolvidas em penumbra.

A arquitetura, indiferentemente do período histórico, possui exemplos ótimos de solução dos espaços e de estrutura, evidenciando, ora para mais, ora para menos, a relação essencial entre os dois mundos. Neste sentido, foi realizada uma pesquisa e um levantamento de modelos arquitetônicos emblemáticos que demonstrassem com clareza técnicas de elaboração de estruturas, sistemas estruturais e de diferentes arranjos espaciais. Para uma melhor e livre compreensão do tema, os exemplares não se submeteram a quaisquer critérios ou vínculos cronológicos.

Quatro foram os critérios estabelecidos neste trabalho para o lançamento estrutural, sendo os três primeiros para a análise direta dos arranjos: critério empírico de pré-dimensionamento de altura de viga; critério da resistência e o critério empírico da flecha. O quarto critério de consumo de matéria prima/custos totais serviu como instrumento de avaliação global, auxiliando na avaliação, ponderação e escolha do arranjo ideal.

Para a análise do segundo estudo de caso, além dos quatro anteriores, foi estabelecido o critério da expressividade com o intuito de possibilitar um melhor entendimento do peso da racionalização estrutural em relação à plasticidade, originalidade e pregnância, isto é, a preponderância ou não da racionalização da estrutura em relação aos valores que integram o critério da expressividade arquitetônica.

Com base nos critérios adotados, primeiramente, foi analisado nos estudos de caso o arranjo construído (viga construída) registrando-se os resultados obtidos. Novos arranjos e novas situações estruturais foram cuidadosamente propostas para verificações e análises posteriores. Dois aplicativos foram utilizados como instrumento para o cálculo e determinação dos resultados no sentido de aproximar o arranjo arquitetura e estrutura a condições ideais: Ftool⁴ e o Editor de Planilhas Microsoft Excel.

Ao final das análises, efetuou-se, como base de avaliação, a compilação dos resultados em uma tabela comparativa para que pudessem ser estabelecidas diretrizes com enfoque na melhoria do projeto arquitetônico bem como corroborar a racionalização da construção.

⁴ Ftool - Programa Gráfico-Interativo para Ensino de Comportamento de Estruturas de uso livre desenvolvido por Luiz Fernando Martha, professor associado da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RIO), Departamento de Engenharia Civil e Tecgraf - Grupo de Tecnologia em Computação Gráfica, Rio de Janeiro. Obs.: O nome Ftool, aqui referenciado, será adotado ao longo de todo o trabalho.

É necessário aqui tornar notável que foi realizado um recorte de estudo para esta dissertação no qual a **viga** foi o elemento estrutural escolhido para constituir-se centro dos debates e motivo dos dois estudos de caso específicos.



Figura 5: Oscar Niemeyer.
Fonte: Internet domínio público.

Dois objetivos globais são definidos neste trabalho de pesquisa:

a) Fomentar a discussão junto aos profissionais de arquitetura sobre a importância de integração dos projetos de arquitetura e estrutura com vistas a revisão de comportamento, conduta profissional e quebra de paradigmas;

b) Estabelecer algumas diretrizes que auxiliem o arquiteto na tomada de decisão no lançamento estrutural durante a etapa de estudo preliminar arquitetônico visando a otimização e uma melhor compreensão da estrutura e do seu valor na arquitetura.

Durante a fase de revisão bibliográfica foi possível pesquisar na literatura específica algumas publicações e artigos correlatos à integração projeto e lançamento de estrutura, contudo, ainda sem um formato, sem um corpo de conteúdo acadêmico claro e definido. Na engenharia, pouco se produziu, especificamente, sobre a importância do lançamento estrutural nas conjecturas preliminares do projeto arquitetônico, tampouco, sobre a influência e contribuição na associação arquitetura e engenharia. No campo arquitetônico, por sua vez, pode-se dizer que é um território ainda virgem. Persistem as referências bibliográficas dispersas e, em sua maioria, são produzidas por engenheiros, contrariando a expectativa óbvia de que deveria ser elaborada por arquitetos uma vez que é na sede da arquitetura que nasce o projeto.

"A falta de norma técnica e bibliografia sobre integração de projetos de arquitetura e estrutura mostra a defasagem das publicações nacionais em relação aos novos processos de projetar e construir, empregados pelo subsector de edificações. [...] A integração entre projetos de arquitetura e estrutura ocorre ao longo de suas várias etapas, sendo um assunto muito extenso ainda não abordado com a importância devida." (CORRÊA, et al., 2001 p. 5).

A racionalização da construção tem sido o mote de inúmeros debates e transformações ocorridas no setor da construção civil

brasileira. As crescentes exigências do mercado diante das novas tecnologias e a velocidade imposta pelas trocas globalizadas impõe um novo cenário no mercado fazendo com que os arquitetos projetistas sejam cada vez mais e, incessantemente, exigidos.

Segundo Melhado (2000), para que se obtenha níveis satisfatórios de qualidade no processo de implantação do empreendimento como um todo, é essencial que haja continuidade nos fluxos das atividades, principalmente na conduta coordenada de seus integrantes. As fases que compõem este processo são organizadas de forma hierarquizada, isto é, organizadas com níveis de autoridade (decisão). Somente serão eficientemente desenvolvidas as atividades, se houver o comprometimento dos agentes com relação às suas responsabilidades e à sua capacidade de ação integrada.

Pode-se inferir, assim, que o arquiteto é rotineiramente afetado por uma vasta quantidade de novas exigências e informações advindas das tecnologias atuais e da velocidade crescente na troca de dados. Em essência, o arquiteto possui a capacidade de gerenciar e trabalhar com tamanha grandeza de elementos desde que tenha a prerrogativa de comandar e coordenar uma equipe qualificada de projeto por ele definida. Caso contrário, face à magnitude e à complexidade dos contextos humano e profissional, o lançamento estrutural, muitas vezes, ficará em segundo plano prejudicando a otimização da estrutura. “[...] Desde há muito tempo, nenhum indivíduo em particular consegue dominar os aspectos do projeto arquitetônico moderno” (SALVADORI, 2006 p. 358).

Neste sentido, especificamente objetivou-se o desenvolvimento de algumas diretrizes que pudessem auxiliar o arquiteto na confecção do projeto arquitetônico durante a fase de estudos, servindo de ferramenta para a otimização da estrutura por meio de um melhor arranjo arquitetônico e estrutural com vistas a:

- a) Integração Arquitetura e Estrutura;
- b) Economia de matéria-prima (concreto e aço) - ganhos ambientais;
- c) Estabelecer diretrizes práticas para o lançamento estrutural;
- d) Promover mudanças de comportamento profissional e quebra de paradigmas.
- e) Subsidiar o entendimento da estrutura e do seu papel na arquitetura.

Esta otimização, conseqüentemente, poderá gerar: economia no custo global da edificação; ganhos de pé-direito na medida em que se diminuem as dimensões das vigas; uma organização mais racional do espaço edificado com conseqüentes ganhos estéticos provenientes da estrutura mais delgada e agilidade no processo de confecção dos projetos de arquitetura e de engenharia.

4 O DESCASO COM O LANÇAMENTO ESTRUTURAL DISSOCIAÇÃO ARQUITETURA E ESTRUTURA

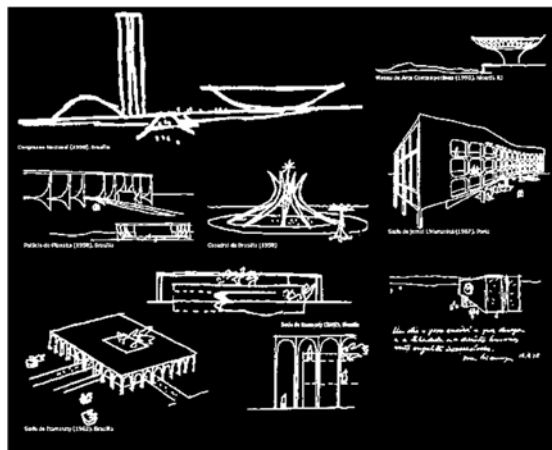


Figura 6: Croquis de Oscar Niemeyer.
Fonte: Internet domínio público.

Integrar significa tornar algo inteiro ou completo, adaptando, combinando e incorporando partes, parcelas e frações com o objetivo de se alcançar um produto ou um resultado o mais cabal e homogêneo possível. No caso da arquitetura e da engenharia esta integração, necessariamente, abrange o intercâmbio direto e frequente entre as duas profissões. Temerária, no mínimo, é a conduta atual dos arquitetos e dos engenheiros que consideram ser possível a elaboração sequencial dos projetos arquitetônicos e estruturais, ou seja, a confecção linear e estanque dos propósitos que, obviamente, tornar-se-á fonte de desperdícios de tempo e de recursos. O resultado dessa prática é o movimento reincidente dos arquitetos e dos engenheiros para verificações e ajustes nos projetos na tentativa, quase sempre infrutífera, de associação entre a arquitetura e a engenharia.

Nesse processo [de projeção] fragmentado e sequencial, a possibilidade de colaboração entre projetistas é bastante reduzida e a proposição de modificações por um projetista de determinada especialidade implica a revisão de projetos já mais amadurecidos de outras especialidades, significando enormes retrabalhos ou até mesmo o abandono de projetos inteiros.

Prevalece, no processo de projeto, uma visão cartesiana de o todo ser a soma de partes independentes. Isso é predominante na configuração dos processos de projetos tradicionais nos quais se busca otimizar o todo a partir da otimização, em separado, das partes (FABRÍCIO, 2008 p. 35)[grifo nosso].

A figura a seguir, elaborada por Fabrício, ilustra um processo sequencial de confecção do projeto arquitetônico.

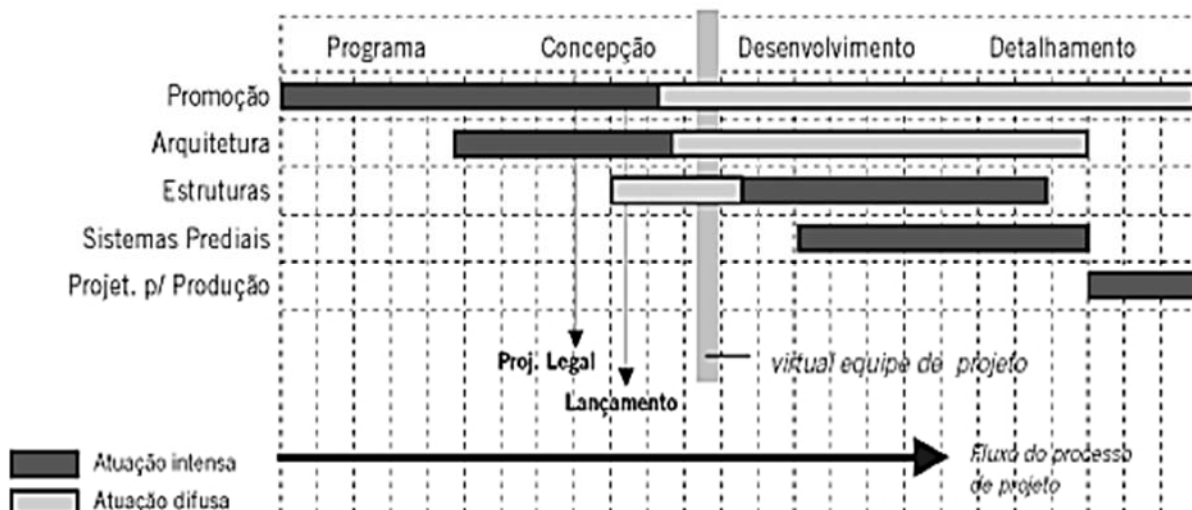


Figura 7: Esquema genérico de um processo sequencial de desenvolvimento do projeto de edifícios - participação dos agentes ao longo do processo.
Fonte: (FABRÍCIO, 2008).

O problema aumenta na medida em que esta prática é também paradoxal, face ao enorme avanço tecnológico empenhado nas últimas quatro décadas.

A exemplo disto, são os softwares para projetos de arquitetura que cada vez mais vêm sendo estruturados no sentido do intercâmbio e da interoperabilidade de informações em formato digital, haja vista a tão aclamada tecnologia **BIM**⁵ existente desde os anos 70. Grandes empresas como a Autodesk e Nemetschek investem vultosos recursos para o desenvolvimento destes softwares. Os aplicativos trabalham todas as informações de uma forma integrada, isto implica dizer que quando há alimentações, retroalimentações ou modificações no projeto, todos os outros componentes que o compõe sofrerão ajustes, adaptações e alterações simultaneamente. Assim, estes programas podem vir a ser uma ferramenta de grande valia para o arquiteto no sentido de estabelecer diretrizes e decisões mais acertadas para a qualificação do projeto arquitetônico.

⁵ Building Information Model ou Building Information Modeling. Modelo de Informação da Construção ou Modelagem de Informação da Construção é um conjunto de informações geradas, gerenciadas e mantidas durante todo o ciclo de vida de um edifício. Não há referência clara sobre a origem e uso do termo mas sabe-se que o conceito já vem sendo utilizado desde 1970 nos trabalhos de Charles M. Eastman, professor do Instituto de Tecnologia da Georgia, Estados Unidos.

O computador tem importância central para todos os aperfeiçoamentos de projetos estruturais. [...] a evolução do computador até o atual PC, pequeno e barato, capaz de executar milhões de operações por segundo e de armazenar centenas de milhões de "bytes" de informação num disco rígido, resultou em programas padronizados que levam em consideração as leis físicas dominantes, os códigos vigentes, o impacto do comportamento dinâmico e as propriedades dos materiais - e que também minimizam os custos de construção (SALVADORI, 2006 p. 355).

O CAD, que também é utilizado rotineiramente pelos arquitetos, está revolucionando a prática destes, melhorando a produtividade e permitindo mudanças nos seus projetos (p. 357)[grifo nosso].

Pode-se depreender que este estado de conduta está mais para uma crise de valores sociais, econômicos e educacionais do que por dificuldades tecnológicas encontradas no desempenho da integração entre as profissões.

A política de privatização da educação superior brasileira implementada em 1996 pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB)⁶ no governo do então ex-presidente Fernando Henrique Cardoso, se por um lado abriu portas de acesso à educação a uma parcela menos favorecida da sociedade até então às margens do ensino superior, por outra implantou paulatinamente a nefasta relação de educação/produto capitalista. Parcela desses alunos das faculdades particulares se vê obrigada a investir quantias significativas ao longo do curso e aspira retorno deste investimento no exercício da profissão. De certa forma após formados, os novos arquitetos e engenheiros são pressionados subliminarmente à prática de projeção quantitativa o que significa dizer que acabam por dissociar o caráter único dos dois universos em questão. Centram-se nos aspectos exclusivos de suas especialidades no sentido de atenderem às suas expectativas de retorno financeiro.

Ralph Rapson no prefácio do livro de Heino Engel define o projeto arquitetônico como sendo a síntese criadora de um processo complexo e embaraçoso. "Projeto arquitetônico é a arte

⁶ Considerada o marco legal da reforma implantada no país, na qual o Estado assumiu papel destacado no controle e na gestão das políticas educacionais, ao mesmo tempo em que liberalizou a oferta da educação superior pela iniciativa privada.

material e o ato de resolver o conflito do homem com seu meio ambiente. Projetar é um complexo e intrincado processo, ainda que no fundo de qualquer situação ambiental exista uma solução natural ou orgânica. [...] Somente através de uma detalhada e sensível análise e uma cuidadosa pesquisa de todos os fatores dentro da estrutura de nosso tempo, a síntese criadora pode evoluir" (ENGEL, 2001 p. 9).

Mais à frente no livro, ficou por conta de Engel expressar que "nem para o especialista em estruturas, o engenheiro estrutural, a utilização competente de todos os ramos deste campo é possível, **quanto mais para aquele que, além de tudo, ainda tem que dominar um grande número de outros campos de conhecimento básico para o seu trabalho, o arquiteto**" (2001 p. 19)[grifo nosso].

Esta característica peculiar do processo de projeção agregada à questão dos novos valores de mercado recrudesce o descaso com o lançamento estrutural nos projetos de arquitetura. O lançamento da estrutura na fase preliminar de projeção é o momento em que o partido viabiliza-se uma vez que a estrutura é o instrumento exclusivo para gerar a formatação do espaço na arquitetura. Esta integração, se bem gerenciada, irá produzir projetos mais qualificados e, certamente, minimizará os desperdícios na fase da construção do edifício.

Apresenta-se, então, a seguinte questão: como é possível a correta elaboração do projeto arquitetônico sem o empreendimento inicial, essencial e preliminar da estrutura?

Uma das plausíveis respostas ao problema é de que as classes de arquitetos e engenheiros, provavelmente, consideram qualificados os projetos que estão sendo confeccionados na atualidade. Inexiste um parâmetro bilateral unificado e consistente de avaliação de projetos e, tampouco até o momento, catalogou-se ou consumou-se uma carteira de projetos considerada suficientemente ótima para que possa servir de fonte balizadora

no jugo da comparação, de tal maneira a conduzir o questionamento eficaz da real qualidade dos atuais projetos.

"[...] a formulação de ideia de estrutura entende-se não como uma parte integral da geração primária de ideias para a construção, mas como um ato que segue o projeto arquitetônico criativo: em substância, em importância e em tempo" (ENGEL, 2001 p. 19).

O problema é agravado pela tradicional e recorrente desconfiança que o arquiteto possui no fato de que toda a base científica em que baseia-se a engenharia - entenda-se as leis naturais - pode engessar os trabalhos do projetista, impedindo, muitas vezes, que a criatividade possa transparecer-se naturalmente. (ENGEL, 2001).

Esta "lógica" é uma balela, um sofisma, um emblema capcioso que vem dificultar ainda mais a comunicação evidente e necessária entre os dois mundos.

Não cabe aqui apontar culpados. Coube a delineação de um quadro da realidade brasileira no que tange à conduta dos arquitetos e dos engenheiros e de suas relações profissionais.

4.1 A QUESTÃO PROFISSIONAL

As questões profissionais e acadêmicas foram compiladas e organizadas nesta dissertação em duas seções em separado com o objetivo de tornar os temas, convém lembrar de altíssimo grau de complexidade e importância, um pouco mais inteligíveis em consonância com o fim maior deste trabalho. Em condições ideais, o correto seria tratá-los conjuntamente pois a relação entre ambos é de eterna, recorrente e mútua transformação, um "convívio simbiótico" de complementação sistêmica, inclusive nos ordenamentos legais previstos na Constituição Brasileira.

Basicamente, a prática da arquitetura e das construções, em sua grande maioria, se deu de forma empírica. Até hoje, mesmo com o absurdo avanço da tecnologia e dos materiais, o sistema

capitalista e a ordem mundial ainda não foram capazes de resolver o problema da moradia e do uso dos espaços públicos, isto é, da cidade. O grosso da humanidade se vê obrigado a solucionar de maneira não científica os contextos espaciais da casa e do trabalho. "E, se por um lado a sociedade brasileira demanda cada vez mais a participação do arquiteto e urbanista na resolução de seus problemas de espaço habitável, por outro a própria sociedade e os profissionais não encontraram ainda dispositivos que propiciem os benefícios da atuação do arquiteto à totalidade da população" (MARAGNO, 2012 p. 3).

Somente com o desenvolvimento da ciência no final da Idade Média, a engenharia e a arte das edificações passaram para o campo dos cálculos, dos métodos e dos experimentos. É neste período, mais precisamente com o advento do Renascimento, que iniciou-se o viés profissional da arquitetura e das construções. O mestre, encarregado do projeto e das construções, progressivamente, direcionou sua atenção para o enfoque humano retomando as rédeas do seu destino e libertando-se das pressões religiosas sofridas durante os séculos passados. Este estado de espírito que tomou conta das cidades europeias fez surgir o "profissional da arquitetura" que passou a projetar, não e tão somente para a igreja e a nobreza, mas para mercantes, comerciantes e políticos precursores de uma burguesia em ascensão.

Dentro deste contexto, arquitetura e engenharia mantiveram-se estritamente associadas na maior parte do tempo pois, os mestres projetistas, protagonistas da Renascença, eram profissionais generalistas na sua essência, dominando saberes da arte, da arquitetura e da engenharia, dentre outros. O processo de "separação", se é que assim pode-se dizer, inicia-se com o advento da revolução industrial, fase em que o engenheiro obteve papel preponderante no desenvolvimento das novas tecnologias mecânicas e construtivas.

Nos séculos XV e XVI, a consolidação do método como modelo da produção científica e, conseqüentemente, da própria ciência moderna, fortaleceu o princípio do estudo das partes como ferramenta de compreensão do todo, abrindo caminho para novos ramos da ciência, especializações e profissões (ALFONSO, 2004).

A história das construções foi marcada por períodos de grande enlace entre a arquitetura e a engenharia. Outros, porém, foram menos favorecidos. Tal fato não foi de todo contraproducente pois o movimento dos interesses econômicos e sociais trouxe à tona as fraquezas e capacidades de transformação de cada área face aos novos problemas a serem enfrentados. Se na Revolução Industrial os engenheiros foram os protagonistas, no Modernismo do início do século XX até a década de 70, os arquitetos reinaram solenes. A urgente necessidade de reconstrução das sociedades, das cidades e dos países em razão das duas terríveis grandes guerras mundiais realocaram o arquiteto na vanguarda das soluções urbanas e arquitetônicas da Europa e do mundo.

O final do século XIX, notadamente na Europa, berço de toda a arquitetura ocidental, foi marcado pelo desgaste de uma linguagem projetual que era baseada em movimentos e escolas arquitetônicas do passado, também chamado de arquitetura historicista. Neste contexto, o Movimento Eclético representou o apogeu da arquitetura ornamental, pomposa e grandiosa em contraste à nova ordem funcionalista que se instalava. Não mais fazia sentido edificações fortemente centradas em aspectos expressivos, estéticos e evocativos num mundo que então encontrava-se mais voltado à produção, ao fortalecimento do capitalismo e ao crescimento veloz das cidades.

No início do século XX, inúmeras foram as iniciativas que buscaram questionar e estabelecer novos rumos para as artes plásticas, literatura, filosofia, arquitetura e outras áreas do conhecimento que, em pouco tempo, tomaram conta da Europa com

desdobramentos no Brasil. Dentre estes movimentos, o Modernismo⁷ já possuía um arcabouço suficientemente consolidado para uma notória transformação da arquitetura empenhada. No Brasil, a nova corrente arquitetônica era praticada individualmente em meados da década de 20 e de forma mais abrangente na década de 30.

Observando mais uma vez a história, pode-se reconhecer diferentes status assumidos pelos arquitetos em diferentes períodos: o arquiteto-sacerdote da antiguidade, o arquiteto-filósofo da Grécia antiga, o arquiteto orgulhoso do império romano, o arquiteto-operário medieval, o arquiteto-mediador do renascimento, o arquiteto do estado na revolução industrial e o arquiteto liberal do século XX, o mais emblemático da prática profissional em nosso país (BRANDÃO apud MARAGNO, 2012, P. 4).

A realidade que aos poucos se instalava provocou no meio dos projetistas a discussão da necessidade de regulamentar a profissão. O país que passava por profundas transformações políticas e econômicas com a presença de Getúlio Vargas no poder, necessitava de uma maior quantidade de profissionais trabalhando, ou seja, profissionais arquitetos regulamentados. Era premente a criação e consolidação das escolas e dos cursos específicos para a arquitetura.

Em 1933, a profissão foi regulamentada. Foram reunidos num único conselho (Crea) os engenheiros, os arquitetos e os agrimensores, assegurando a hierarquização do arquiteto em relação aos demais agentes que pudessem exercer a função de projetistas. O ato, por sua vez, legitimou a escola de arquitetura e a importância do ensino como instrumento essencial na formação de arquitetos.

A legislação conquistada, de um modo geral, vinculava o arquiteto a grandes projetos estatais ou a projetos que

⁷ Movimento arquitetônico iniciado na Europa nos primórdios do século XX e difundido pelo mundo até o final dos anos 70. Também chamado de Estilo Internacional. Embasado e estruturado, principalmente, pelo artista franco-suíço, Le Corbusier, foi também arquiteto, urbanista e teórico da arquitetura. Movimento funcionalista que pregava a ruptura com a antiga arquitetura historicista e o fim dos ornamentos. Dentre os vários princípios defendidos, cinco deles serviram de base para a produção arquitetônica: o pilotis, a planta livre, a fachada livre, a janela em fita e o terraço jardim.

estivessem ligados às mais altas classes da sociedade brasileira. Apesar de ter sido fruto da correlação de forças dentro do conselho (Crea), a nova formatação foi o resultado de uma doutrina tácita muito presente no meio arquitetônico do período que considerava "digna" a arquitetura grandiosa, quer dizer, basicamente a arquitetura de grande vulto ou de caráter monumental. A nascente estrutura legal, de certa forma, era ainda um reflexo, um resquício da "velha arquitetura" historicista que foi francamente praticada desde o Renascimento.

Os alcances da nova legislação foram parciais, protagonizando o estado do Rio de Janeiro como sede das maiores realizações arquitetônicas da época, uma vez que o estado de São Paulo ainda sofria de certo isolamento como consequência política da Revolução de 30. Era no Rio de Janeiro que encontrava-se a Academia de Belas Artes (mais tarde, Escola Nacional de Belas Artes) com a qual o curso de arquitetura estava vinculado e, portanto, "mais adequado" às exigências e parâmetros artísticos da arquitetura do período. Os demais cursos de arquitetura, mais precisamente os de São Paulo, encontravam-se vinculados aos cursos de engenharia que possuíam um caráter mais técnico e profissionalizante de formação acadêmica.

A característica mais específica, pragmática e menos artística do curso de São Paulo não inseria os discentes daquele estado dentro da ordem acadêmica baseada nos moldes da Academia Carioca, constituindo até 1945 um caso à parte no conjunto do sistema formador dos arquitetos brasileiros (ZEIN, 2005).

Até a década de 50, os novos cursos de arquitetura fundados no país seguiram os moldes da Escola Nacional de Belas Artes.

Com o fim da Segunda Guerra Mundial e do obscurantismo implantado pelo Estado Novo, surgiram as condições adequadas para a retomada do debate iniciado na década de 30, bem como novas e inúmeras oportunidades de trabalho ofertadas na construção civil. O tema era basicamente o mesmo e centrava-se

nas condições culturais brasileiras e no exercício profissional da arquitetura.

Em 1944, o IAB (Instituto de Arquitetos do Brasil) realizou o 1º Congresso Nacional dos Arquitetos que, dentre os vários temas tratados, recomendou a separação, autonomia e fundação de novas faculdades de arquitetura independentes dos cursos de engenharia e da Escola Nacional de Belas Artes. Após o congresso, fundou-se na Escola Nacional de Belas Artes o Diretório Acadêmico de Arquitetura que veio a liderar a luta pela descentralização acadêmica. A primeira conquista dessa entidade, em 1945, foi a transformação do curso de arquitetura da Escola Nacional de Belas Artes na Faculdade Nacional de Arquitetura (FNA), considerada basilar para a formação dos arquitetos brasileiros. O prestígio e importância do arquiteto, desde meados da década de 40, foi crescente, colocando-o cada vez mais no cerne das necessidades de mudança e modernização da sociedade e das cidades brasileiras.

Como desdobramento natural deste processo de autonomia, valorização e regulamentação da profissão, em 1958 o Fórum do IAB encaminhou ao então presidente Juscelino Kubistchek um projeto de lei com o intuito de desmembrar os arquitetos do sistema Confea/Crea. O projeto foi retirado de pauta a pedido do Confea e somente 52 anos mais tarde, em 31 de dezembro de 2010, depois de inúmeras discussões e tentativas por parte das entidades representativas, o presidente Luiz Inácio Lula da Silva sancionou a Lei 12.378 que tramitava no Congresso desde 2008, regulamentando o exercício da Arquitetura e Urbanismo no Brasil, criando o Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil - CAU/BR e os Conselhos de Arquitetura e Urbanismo dos Estados e do Distrito Federal - CAUs.

É bem verdade que a arquitetura jamais conheceu períodos de paralisação uma vez que a necessidade de moradia sempre foi e sempre será objeto de necessidade da vida e da sobrevivência humana. Contudo, algumas questões não ousam calar no contexto da prática profissional dos atuais e dos novos arquitetos que estão

por vir. Como deve ser o arquiteto do século XXI? O que esperar desse profissional no novo contexto tecnológico pós "revolução digital"? Quais são os princípios que devem nortear a prática da arquitetura moderna? Os preceitos vitruvianos - *utilitas*, *firmitas* e *venustas* - ainda são capazes de consubstanciar a arquitetura de maneira convincente? Quais são as recentes bases e formulações que compõem o arcabouço do trabalho arquitetônico? Sobre estas questões muito pouco, ainda, pode-se afirmar como respostas, não obstante, é possível tecer alguns argumentos.

Os cursos de arquitetura do país, em sua grande maioria, estão desvinculados da realidade de mercado. Formam egressos afastados da trama complexa da vida moderna sem condições de refletir e propor alternativas ao conluio de problemas que tanto necessitam ser enfrentados. Faz-se urgente a revisão da maneira pela qual é realizada a autorização e abertura de novos cursos bem como o controle e o acompanhamento das faculdades por parte dos órgãos governamentais competentes. Há um excessivo número de instituições que funcionam apenas no sentido de engrossarem as estatísticas de ensino sem engajamento no processo de aprendizagem e, principalmente, na prática profissional.

Os projetos pedagógicos das faculdades, salvo poucas unidades, não são o resultado de amplo debate e construção coletiva entre sociedade, professores, alunos e instituição. O corpo docente dessas entidades, em geral, foi constituído pelo critério de titulação e muitas vezes são alterados em função de pontuação e de outros requisitos exigidos pelo MEC. Ficam à mercê dos movimentos e das fases de avaliação promovidas pelo Ministério. Nas instituições públicas os professores tem pouco tempo para as atividades extra classe, resultado da restrição na contratação de jornadas de quarenta horas com dedicação exclusiva. Esta situação afasta os docentes da realidade objetiva do mercado.

Um dos problemas mais recorrentes é a ineficiente infraestrutura ofertada por grande parcela dos estabelecimentos.

Espaços físicos sem condições mínimas para o desempenho educacional, laboratórios obsoletos, mobiliários e equipamentos inadequados.

Ainda que a carga horária dos cursos não seja um sinônimo exclusivo de qualidade de ensino, é baseado na quantidade de horas que são destinadas às aulas teóricas, conferências, produção em ateliê e laboratórios, viagens de estudos, visitas a obras, pesquisas, atividades extracurriculares e estágio supervisionado. Alguns cursos estão substituindo sobremaneira a carga estruturante e essencial de seus cursos por outras atividades secundárias no sentido de decréscimos dos encargos docentes e barateamento das mensalidades.

Outro ponto polêmico é a discrepância entre hora/aula e hora/relógio. A bem da verdade, o total de horas aula dos cursos nunca é realmente atingida. Um curso, por exemplo, de 3.600 horas aula em que a duração da aula é de 50 minutos em vez de 60 minutos, estará efetivamente ofertando a seus alunos 3.000 horas aula ao final dos anos. Estas e outras questões necessitam, urgentemente, voltar à mesa de debates, primeiro passo para serem resolvidas.

"[...] Persistiremos na manutenção antagônica de dois mundos afeitos à nossa prática, o acadêmico e o profissional, unidos como gêmeos xifópagos pelas costas, cada um vislumbrando realidades sob olhar diverso?" (MARAGNO, 2012 p. 5)[grifo nosso].

4.2 A QUESTÃO ACADÊMICA

Atualmente no Brasil, a conjuntura mostra-se um pouco diferente da espiral histórica de aproximações e afastamentos entre os campos da arquitetura e da engenharia. O país, provavelmente, vive um momento acrítico. Os agentes que detêm os mecanismos de transformação e construção das cidades são provenientes, em sua grande maioria, dos campos de interesse econômico e financeiro. É lógico que os ganhos urbanos e sociais provenientes das ações desses profissionais não poderiam ser os mais elevados possíveis.

Salvadori afirma, categoricamente, que "[...] Até poucos anos atrás, o arquiteto podia escolher seus colaboradores técnicos por competência e compatibilidade. Hoje, esse direito lhe é frequentemente negado pois a combinação entre arquitetos e engenheiros é ditada pelo incorporador. Essa nova tendência transformou, às vezes, casamentos felizes entre arquitetos e engenheiros em relacionamentos baseados predominantemente em interesses financeiros" (2006 p. 359).

Este quadro se reflete no meio acadêmico, que sofre pressões para enquadrar seus cursos na "ordem mundial". O novo arranjo global impõe regras e condutas capitalistas que menosprezam questões humanas, do saber, da educação e da formação do cidadão pleno.

Conjuntamente à esta situação, a especialização cada vez maior das profissões recrudesce o isolamento entre arquitetos e engenheiros.

"Existem hoje não só engenheiros estruturais, como também engenheiros estruturais especializados tão-somente em projetos de concreto, ou apenas em projetos de cúpulas de concreto, ou até mesmo em projetos de cúpula de concreto de um formato específico" (SALVADORI, 2006 p. 10).

Corroborando a assertiva da importância da integração profissional entre arquitetura e engenharia, Gloria Diez discorre:

Quando falamos de Arquitetura, consciente ou inconscientemente, falamos de Estrutura, o projeto arquitetônico e o estrutural são inseparáveis. A estrutura é um componente essencial da arquitetura, quer seja para construir um simples abrigo ou fechar grandes espaços onde se reúnem centenas de pessoas (2012 p. 17)[grifo nosso].

Ainda não é possível chegar-se a uma conclusão acertada sobre os ganhos acadêmicos da divisão dos conselhos e da autonomia do ensino da arquitetura e da engenharia nas faculdades e universidades brasileiras, contudo, na prática, a interface entre as disciplinas de engenharia civil e de arquitetura vem sendo alijada progressivamente.

As cadeiras que tratam de estudos espaciais arquitetônicos ou concernentes às ciências humanas são cada vez menos valorizadas dentro da engenharia e muitas vezes agregadas a outras "disciplinas mais importantes" do curso. Na arquitetura, algumas poucas disciplinas direcionadas à estrutura e cálculos estruturais ainda persistem, porém o enfoque dado é, em grande monta, desvinculado de sua aplicação prática no universo arquitetônico (CORRÊA, et al., 2001).

Agravando mais ainda a situação, é sabido que os métodos convencionais de introdução e ensino das estruturas para os jovens arquitetos está longe de serem eficazes. Conteúdos complexos, confusos e pouco práticos afastam do estudante o interesse pela engenharia. São tratados de forma rígida e monótona em desalinho com os padrões e processos criativos que norteiam todas as atividades realizados pelo jovem arquiteto (ENGEL, 2001).

Por meio de um levantamento realizado junto a algumas faculdades de arquitetura e urbanismo e engenharia civil do

Distrito Federal, foi possível constatar que os cursos inter-relacionam-se insuficientemente.

Como pode ser constatado na **Tabela 1**, as grades curriculares dos cursos de arquitetura e urbanismo possuem, em média, **8,92%** das disciplinas⁸ voltadas ao estudo de sistemas estruturais, materiais e cálculo estrutural ao passo que na engenharia apenas **4,39%** representam disciplinas⁹ relacionadas à concepção arquitetônica, história da arquitetura e estudos dos espaços edificados. Estes percentuais são deficitários visto que não representam sequer **1/10** da grade curricular do curso de arquitetura e, tampouco, **1/20** da grade da engenharia. Esta estrutura disciplinar estimula uma conjuntura negativa que necessita ser alterada.

⁸ Sistemas Estruturais; Sistemas de Construção; Tecnologia da Construção; Análise Estrutural; Resistência dos Materiais; Fundamentos da Física e Matemática; Estrutura Arquitetônica; Construção; Materiais de Construção e Técnicas de Construção.

⁹ Desenho Técnico Aplicado; Desenho Arquitetônico; Expressão Gráfica; Arquitetura e Urbanismo; Projeto de Arquitetura e Computação Gráfica; Representação Gráfica; Arquitetura de Computadores; Introdução à Ciência da Computação e Representação Gráfica para a Engenharia Civil.

Tabela 1: Interdisciplinaridade entre os cursos de arquitetura e engenharia.

INTERDISCIPLINARIDADE ENTRE OS CURSOS DE ARQUITETURA E URBANISMO E ENGENHARIA CIVIL - DF Carga Horária*									
INSTITUIÇÕES DE ENSINO		CURSOS							
		ARQUITETURA				ENGENHARIA			
		ARCABOUÇO DISCIPLINAR		INTER - DISCIPLINARIDADE		ARCABOUÇO DISCIPLINAR		INTER - DISCIPLINARIDADE	
1	CATÓLICA	Carga Horária Total: 3.420 hs				Carga Horária Total: 3.520 hs			
		3.060 hs	89,47%	360 hs	10,53%	3.400 hs	96,59%	120 hs	3,41%
2	FACIPLAC	Carga Horária Total: 3.708 hs				Não Possui Curso			
		3.420 hs	92,23%	288 hs	7,77%	-		-	
3	IESB	Carga Horária Total: 3.810 hs				Carga Horária Total: 3.680 hs			
		3.510 hs	92,13%	300 hs	7,87%	3.500 hs	95,11%	180 hs	4,89%
4	IESPLAN	Carga Horária Total: 3.420 hs				Carga Horária Total: 3.572 hs			
		3.196 hs	93,45%	224 hs	6,55%	3.420 hs	95,74%	152 hs	4,26%
5	UNB	Carga Horária Total: 5.126 hs				Carga Horária Total: 6.220 hs			
		4.616 hs	90,05%	510 hs	9,95%	5.980 hs	96,14%	240 hs	3,86%
6	UNICEUB	Carga Horária Total: 4.140 hs				Carga Horária Total: 4.080 hs			
		3.690 hs	89,13%	450 hs	10,87%	3.855 hs	94,49%	225 hs	5,51%
MÉDIA		91,08%		8,92%		95,61%		4,39%	

* Carga horária das disciplinas obrigatórias. A carga horária que consta na tabela não corresponde à carga total dos cursos (carga mínima exigida pelo MEC), isto é, não estão inclusas as cargas horárias de disciplinas optativas, estágio discente e atividades complementares.

Disciplinas analisadas: Sistemas Estruturais; Sistemas de Construção; Tecnologia da Construção; Análise Estrutural; Resistência dos Materiais; Fundamentos da Física e Matemática; Estrutura Arquitetônica; Construção; Materiais de Construção e Técnicas de Construção. Desenho Técnico Aplicado; Desenho Arquitetônico; Expressão Gráfica; Arquitetura e Urbanismo; Projeto de Arquitetura e Computação Gráfica; Representação Gráfica; Arquitetura de Computadores; Introdução à Ciência da Computação e Representação Gráfica para a Engenharia Civil.

É forçoso deixar claro que a maioria dos cursos de arquitetura e urbanismo no Brasil possui em sua grade curricular disciplinas de cálculo estrutural e de prática da construção, disciplinas estas ditas "pertencentes essencialmente" ao curso de engenharia civil. A estrutura curricular do curso de arquitetura torna o respectivo escopo acadêmico mais englobante e complexo uma vez que exige do arquiteto certo domínio em todas as áreas: das ciências formais (puras) às ciências factuais (aplicadas). A prática da arquitetura exige propriedade mais ampla pois não trata apenas de elucubrações artísticas mas, sobretudo e diretamente, de questões sobre o *modus operandi* dos espaços para com a dinâmica da vida. Em outras palavras, significa dizer que o curso de arquitetura é muito mais abrangente que o curso de engenharia.

Uma vez que se supõe que o arquiteto deva dirigir a equipe de construção, ele precisa adquirir um conhecimento suficiente das tecnologias de engenharia para se comunicar de maneira inteligente com seus colaboradores técnicos; e, na verdade, para esse fim, os currículos de arquitetura de fato contêm (um mínimo de) cursos tecnológicos. **Infelizmente, essa parte do currículo é, com frequência, ensinada por engenheiros, que enfatizam uma abordagem matemática, estranha para o arquiteto e de que ele raramente, ou jamais, terá necessidade. Por outro lado, os engenheiros não recebem absolutamente nenhuma formação em conceitos de arquitetura.** Os dois membros essenciais da equipe de construção falam línguas diferentes (SALVADORI, 2006 p. 359)[grifo nosso].

O mesmo não acontece na engenharia civil que concentra todas as energias acadêmicas no seu próprio aparelho sem consideráveis envolvimento e inquietações com outros ramos do conhecimento, notadamente nas artes e nas ciências sociais aplicadas. Em síntese, são formados para as especialidades objetivas do próprio curso.

Presume-se ser uma situação delicada para os engenheiros aceitarem o fato de que, em detrimento de sua capacidade inata de apreciação das artes como todo e qualquer ser humano, não são direcionados no caminhar da formação acadêmica à consideração da

beleza e da arte. Grande parcela dos docentes dos cursos de engenharia ensinam aos seus alunos que temas como a arte e a sensibilidade são diametralmente opostos à estrutura de ordenamento do raciocínio objetivo do engenheiro. Crasso erro.

Mesmo não muito "afeitas aos cálculos", as faculdades de arquitetura, em contrapartida, convivem melhor com as idiossincrasias das especialidades acadêmicas e se veem direcionadas a tratar de sistemas lógicos e objetivos devido ao caráter generalista da profissão.

Por outro lado, os arquitetos, muitas vezes, deixando-se levar pelas ondas da vaidade concentram-se, preferencialmente, na "lógica das artes", olvidando o fato de que a arquitetura somente possui significado se expressada materialmente.

O problema então torna-se duas vezes maior: os arquitetos, por ignorância ou por antipatia, projetam construções distanciando-se da poesia das formas estruturais. O desprezo ou ainda diretamente a exclusão da beleza e da disciplina das estruturas na arquitetura moderna é evidente. O engenheiro, que tem confiada a tarefa de fazer tais formas arquitetônicas ficarem em pé e assim permanecerem, não pode aplicar o seu potencial criador em nenhuma postura, nem no projeto de arquitetura moderna, nem na invenção de novos protótipos de sistemas estruturais (ENGEL, 2001 p. 19).

Para que se compreenda melhor a importância do curso de arquitetura e sua rápida evolução acadêmica, em 1933, ano da regulamentação da profissão, havia apenas 06 cursos no país. Deste total, um curso pertencia à Universidade Mackenzie de São Paulo e outro era situado em Minas Gerais sendo este o primeiro curso a ser criado especificamente em uma escola de arquitetura. Trinta e três anos mais tarde com o advento da segunda regulamentação (lei 5.194/66) foram criados mais 06 cursos totalizando 12 cursos divididos em 11 estados brasileiros; 02 deles encontravam-se no estado de São Paulo. Em 1974, o estado do Rio de Janeiro e de São Paulo possuíam 07 cursos cada, o estado do Rio Grande do Sul com 04 cursos e os 10 cursos restantes

eram distribuídos em mais 10 estados brasileiros num total de 28 cursos.

No ano de 1994, o MEC baixou a portaria 1.770 que fixou as diretrizes curriculares e o conteúdo mínimo do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo. Neste período, o país contava com 72 cursos instalados em 19 estados brasileiros tendo os estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais a maior taxa de crescimento das faculdades. O Rio de Janeiro permanecia com os mesmos 07 cursos existentes. Em 1999, 23 estados da federação já possuíam o curso de arquitetura e urbanismo implantado, totalizando 108 cursos em funcionamento.

Em dezembro de 2010, foi sancionada a lei 12.378 que regulamentou a profissão e criou um conselho exclusivo para os arquitetos e urbanistas. À época haviam mais de 200 cursos distribuídos desigualmente no país. É bem provável que no ano de 2014 existam, aproximadamente, 300 cursos de arquitetura em todo o país.

Os gráficos abaixo ilustram a evolução da quantidade de cursos no país e a relação entre população e arquitetos.

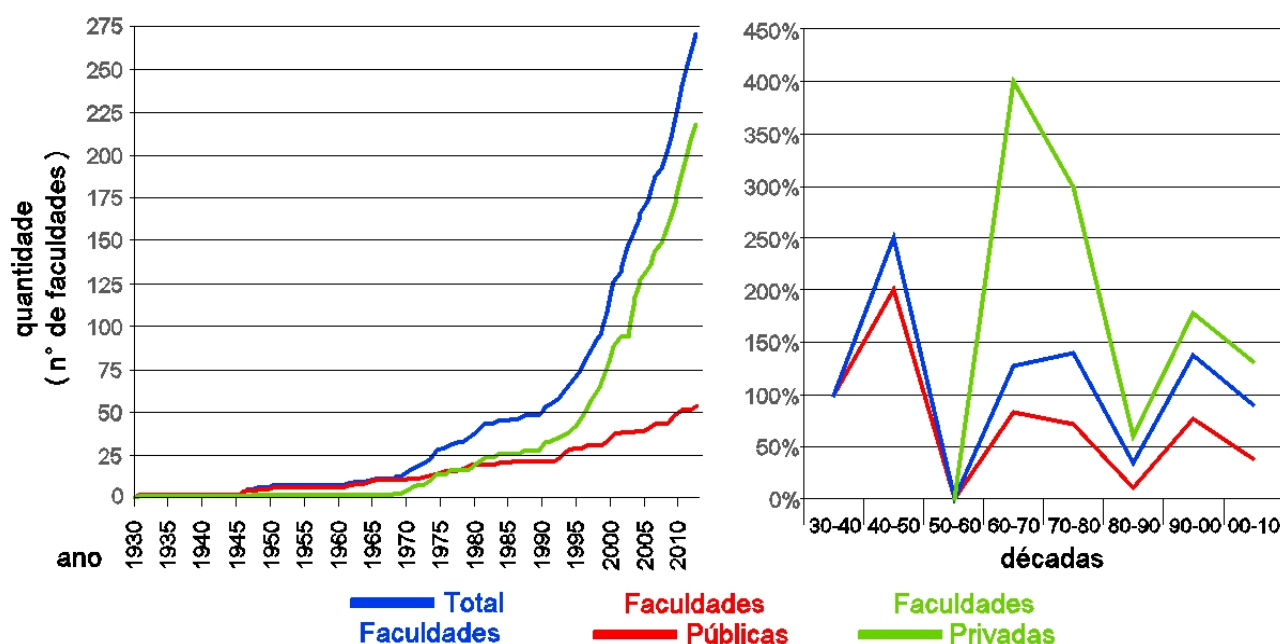


Figura 8: Gráficos de crescimento absoluto das faculdades de arquitetura (esquerda) e evolução do crescimento percentual (%) dos cursos de arquitetura e urbanismo no Brasil por décadas (direita).
Fonte: (MARAGNO, 2012).

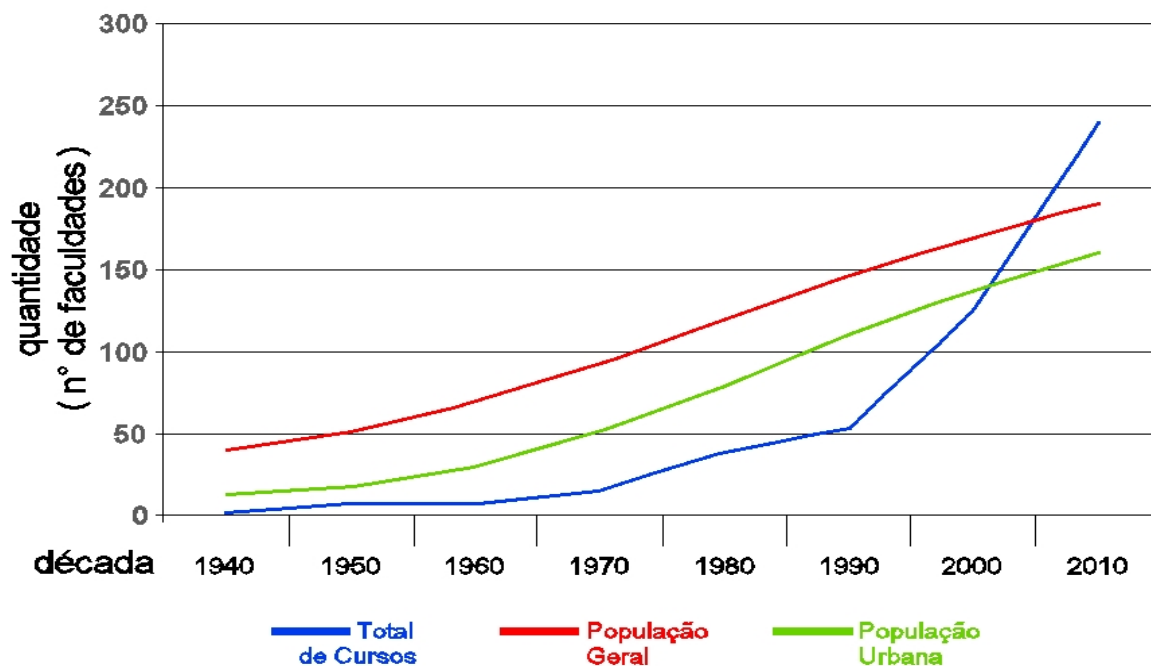


Figura 9: Gráfico comparativo do crescimento da população e do número de cursos de arquitetura e urbanismo no Brasil.
Fonte: (MARAGNO, 2012).

Diante do contínuo aumento das faculdades de arquitetura no Brasil, a falta de uma bibliografia especializada que trate da importância da integração entre os cursos agrava a situação da aprendizagem do estudante de arquitetura e de engenharia civil, uma vez que o assunto é abordado apenas superficialmente.

"A falta de norma técnica e bibliografia sobre integração de projetos de arquitetura e estrutura mostra a defasagem das publicações nacionais em relação aos novos processos de projetar e construir empregados pelo subsetor de edificações. [...] A integração entre projetos de arquitetura e estrutura ocorre ao longo de suas várias etapas, sendo um assunto muito extenso ainda não abordado com a importância devida" (CORRÊA, et al., 2001 p. 2).

Foi possível constatar que os atuais cursos de arquitetura e engenharia brasileiros são o desdobramento direto da causa pela cisão dos conselhos e da criação de cursos independentes de engenharia e da Escola Nacional de Belas Artes ocorrida em meados da década de 40. Lentamente, algumas faculdades pelo Brasil vêm modificando seus cursos no sentido de reatarem a antiga

"parceria" acadêmica que mostrava-se mais proficiente do que a presente separação.

A racionalização da construção tem sido o mote de inúmeros debates e transformações ocorridas no setor da construção civil brasileira. As crescentes exigências do mercado diante das novas tecnologias e a velocidade imposta pelas trocas globalizadas impõe um novo cenário no mercado reforçando a retomada da discussão no sentido de potencializar a interface entre os cursos.

A Universidade de São Paulo por meio da Faculdade de Arquitetura e da Escola Politécnica promoveu um interessante projeto no qual alunos com bom desempenho acadêmico de ambas as faculdades poderiam, com mais dois anos de curso, adquirir dupla formação perfazendo um total de 07 anos de estudos.

Os alunos da arquitetura cursariam disciplinas exclusivas da engenharia durante o 5º e 6º ano na Escola Politécnica e os discentes da engenharia passariam o 4º e 5º ano na Faculdade de Arquitetura, dedicando-se unicamente nesta área. Ao completarem os dois anos, retornam às suas faculdades de origem para o término das disciplinas e elaboração dos trabalhos finais de graduação. Ao final **diplomam-se no curso de ingresso**, arquitetura e urbanismo ou engenharia civil, e recebem um **certificado** da outra unidade atestando a sua participação no programa de dupla formação da USP.

A Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo de Campinas (FEC/Campinas) também disponibiliza aos seu discentes a dupla formação, porém com algumas diferenças. O aluno que desejar pode optar pela formação ampliada devendo cursar disciplinas obrigatórias a partir do 2º semestre do seu curso de origem. Os cursos de arquitetura e engenharia são ministrados em horários distintos e, portanto, as disciplinas das duas graduações podem ser cursadas concomitantemente. O aluno deverá lecionar um conjunto de disciplinas obrigatórias ao longo de, no mínimo, 05 semestres e um grupo de matérias optativas até o

término do curso sem a obrigatoriedade de prazos definidos para o término destas disciplinas. Esta organização equivale para ambos os cursos com a diferença que o discente da arquitetura tem a prerrogativa de escolher entre 02 conjuntos de disciplinas obrigatórias e para o aluno da engenharia apresenta-se somente 01 opção. Ao concluir o pacote de disciplinas obrigatórias e os créditos exigidos de matérias optativas, o aluno recebe o **diploma de graduação** do seu curso de origem e um **certificado de formação ampliada**. A Faculdade ainda fornece uma estrutura de tutoria especialmente para o programa a fim de auxiliar o aluno na sua jornada acadêmica. O ingresso se dá por meio de uma seleção criteriosa que, atualmente, disponibiliza 05 vagas para cada curso reservando ao aluno o direito de, no máximo, 02 reprovações.

Os programas de dupla formação da USP e, em especial, o programa da Unicamp são referenciais ótimos de que é possível formar um profissional pleno e competente preparado para enfrentar as exigências do mercado e da vida moderna.

Discussões locais sobre a possibilidade de diplomação nas duas carreiras ainda estão sendo realizadas, muito embora os egressos participantes já tenham se manifestado positivamente com relação ao programa e à iniciativa das universidades. O mérito, em primeiro lugar, encontra-se no ineditismo da empreitada e, em segundo lugar - tão importante quanto a dupla formação, é o fato de que os programas promovem a interação entre os alunos de diferentes áreas, com salas de aula mistas em que serão trabalhadas as generalidades da arquitetura em conjunto com as especialidades da engenharia; um laboratório repleto de informações e conteúdos programáticos a serem compartilhados tanto pelos alunos quanto pelos professores, exigindo destes últimos um alto grau de competência e dinamismo, fundamentais no processo de ensino-aprendizagem.

4.3 PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Conforme explicitado anteriormente, esta pesquisa não tem como foco o processo de produção da construção civil brasileira. Contudo, preliminarmente às considerações a respeito da importância da integração arquitetura e estrutura, faz-se necessário o entendimento prévio do conceito de perda, da natureza das atividades na construção e de algumas de suas respectivas classificações.

Os agentes da indústria da construção associam com frequência o conceito de perda com o desperdício de materiais. Porém, as perdas não se restringem exclusivamente à esta causa mas a qualquer ineficiência relacionada ao uso de equipamentos, materiais, mão de obra e de recursos em quantidade superior às necessárias para a construção completa da edificação. Conhecer a natureza das atividades pertinentes ao processo de produção é fundamental para a correta compreensão do conceito. O processo é sistêmico e nele coexistem basicamente dois fluxos principais: tarefas de inspeção, circulação e espera dos materiais - *categoria atividades de conversão*; processamento dos materiais em produtos acabados - *categoria atividades de fluxo* (FORMOSO, et al., 1997).

As atividades de fluxo estão diretamente relacionadas com os projetos executivos arquitetônico, estrutural e demais projetos complementares, ou seja, para que a matéria prima seja transformada em produto final, deverão seguir o ordenamento (planejamento) previamente instituído e especificado nos projetos. O projeto é o instrumento basilar da construção civil. Nele estão depositados todos os anseios de retorno e satisfação financeira por parte dos agentes construtores, mormente dos agentes consumidores finais. Ademais, espera-se que todos os investimentos nesse setor proporcionem ganhos sociais e econômicos no país.

Formoso (1997), realizou adaptações dos estudos de Shingo e Skoyles a fim de criar classificações para as perdas na construção civil brasileira, os quais são: perdas *segundo o seu controle*, perdas *segundo a sua natureza* e perdas *segundo a sua origem*.

Estas classes foram elaboradas no sentido de melhor caracterizar as perdas e, independentemente destas classificações, o objetivo está centrado no mapeamento e retrato dos desperdícios gerados nas obras.

A classe de *perdas segundo o seu controle* é subdividida em 02 subclasses: *perdas inevitáveis* e *perdas evitáveis*. A primeira refere-se às perdas naturais do processo construtivo e a segunda ocorre quando os custos de ocorrência das perdas são consideravelmente maiores que os custos de prevenção. As *perdas segundo a sua natureza* foram divididas em 09 subclasses dentre as quais as *perdas no processamento em si* referem-se às perdas geradas por deficiências na elaboração dos projetos, mais precisamente no seu respectivo detalhamento. Por último, *segundo a sua origem*, as perdas podem estar relacionadas a etapas que antecedem o processo de produção, tais como a fabricação de materiais, preparação dos recursos humanos, *projeto*, suprimentos e planejamento (**Figura 10**).

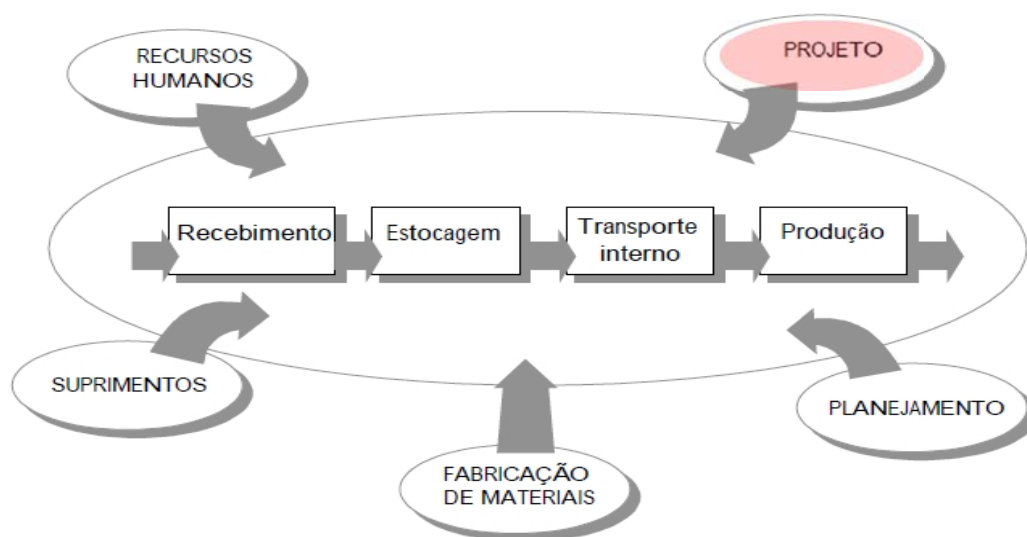


Figura 10: Perdas Segundo o seu Momento de Incidência e sua Origem. Interferência do projeto na formatação de perdas. Fonte: (FORMOSO, et al., 1997).

Ficou claro qual seja a classificação, os desperdícios, frutos de deficiências na elaboração dos projetos, têm participação direta no processo construtivo. Perdas ocasionadas pelo processamento em si podem ser evitadas minorando a sua ingerência na obra, ou seja, o projeto deve ser entendido não e tão somente como planejamento mas também como fonte geradora de despesas.

Muitos são os fatores que forçam tal condição: da desqualificação profissional à velocidade de execução imposta pelo mercado na elaboração dos projetos. Este último induz o projetista sobremaneira ao descaso com o lançamento estrutural na fase de estudo preliminar arquitetônico relegando ao engenheiro civil tomadas de decisão muitas vezes equivocadas. Esta situação, certamente, irá gerar reflexos no futuro uma vez que a dissociação arquitetura e estrutura exigirá compatibilizações na obra. Desastrosa, esta prática profissional tem ocorrido com certa frequência no mercado da construção civil brasileira. Quaisquer transformações no sentido de mudanças de conduta do projetista são muito bem quistas. Pequenas mudanças têm consequências relevantes no processo. Atitudes e práticas conscientes dentro dos ateliês, dos escritórios e dos estúdios de arquitetura podem promover resultados benéficos, à progressões geométricas, na construção civil desde os projetos residenciais privados à grandes empreendimentos comerciais e residenciais.

5 INTEGRAÇÃO ARQUITETURA E ESTRUTURA - IMPORTÂNCIA

Figura 11: Ponte Costa e Silva, Brasília. Oscar Niemeyer.
Fonte: <www.forum.mundofotografico.com.br> Créditos: Raphael Valente.



Neste momento, faz-se imprescindível evidenciar alguns postulados a partir dos quais serão feitas inúmeras das exposições nesta seção. Adotou-se aqui os mesmos argumentos elencados por Engel: "1 - A estrutura ocupa na arquitetura uma posição que executa duas funções: outorgar existência e sustentar a forma. 2 - O agente responsável pela arquitetura, seu projeto e sua realização, é o arquiteto. 3 - O arquiteto desenvolve o conceito de estrutura para seus projetos em sua linguagem profissional" (2001 p. 19).

Nesta vertente, constata-se que o arquiteto é o agente indicado para ser o líder da equipe de projeto. Dependendo da composição e das características do grupo formado pelos empreendedores para a etapa construtiva e possuindo o arquiteto competência profissional e gerencial, preferencialmente, deve ser ele o coordenador de todas as atividades concernentes à cadeia da construção.

Na realidade da prática arquitetônica, contudo, tal especialização dificilmente é encontrada em um indivíduo. Mais frequentemente esta esmagadora função é realizada gradualmente por um esforço coordenado de trabalho em grupo. Apesar disso, não se deve necessariamente apoiar-se nisso [o arquiteto] realizando um projeto em partes sem uma orientação específica; **é certo que muitos contribuem e reforçam o processo do projeto, porém é necessário haver, no meu entender, uma única autoridade central de projeto** (ENGEL, 2001 p. 10)[grifo nosso].

Por uma série de razões de ordem ambiental, social e tecnológica, os empreendimentos de construção tendem a ser mais complexos e exigir abordagens multidisciplinares nos projetos.

Nesse contexto, a capacidade de modelar, planejar, liderar e gerenciar equipes de projeto tende a ser uma atribuição e habilidade profissional cada vez mais valorizada.

Os arquitetos, pela amplitude de sua formação que contempla aspectos sociais, culturais e tecnológicos, bem como pelo treinamento em resolução de problemas projetuais, possuem potencialidade para se firmarem como líderes de equipes multidisciplinares e coordenadores por excelência (FABRÍCIO, 2008 p. 47).

Melhado e Agopyan (1995 p. 15), no artigo em que discutem o conceito do projeto no processo da construção do edifício, discorrem que "A atividade de projeto não cessa quando da entrega

do projeto à obra; na medida em que existe a imprevisibilidade e que a eficácia das decisões tomadas em projeto só pode ser efetivamente avaliada durante a execução, a permanência da equipe de projeto ao longo daquele período é fundamental”.

Mais ainda, afirmam que o empreendedor, agente motriz da construção civil, deve, em grande monta, valorizar o projeto para a obtenção da qualidade e levam à cabo considerações realizadas pelo grupo do Construction Industry Institute - CII, em 1987, acerca das etapas iniciais do empreendimento. Segundo o Instituto, as decisões tomadas nas fases iniciais do processo edilício são as que mais têm poder de influenciar os custos finais do empreendimento. A **Figura 12** ilustra com clareza esta situação.

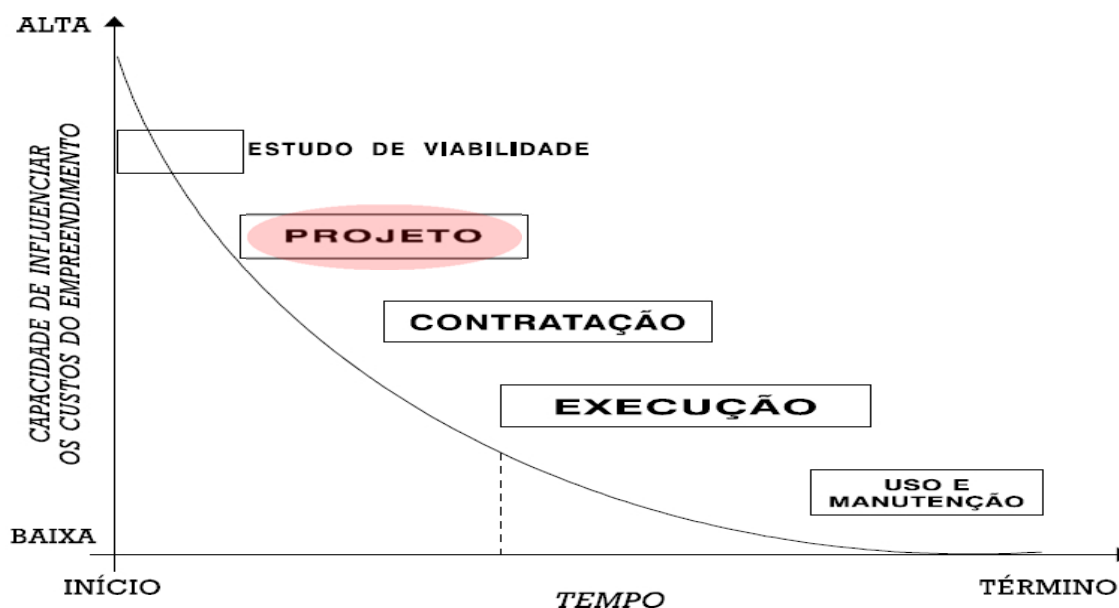


Figura 12: Capacidade do projeto de influenciar o custo final de um empreendimento de edifício ao longo de suas fases.
Fonte: Construction Industry Institute - CII. (MELHADO, et al., 1995).

Percebe-se que o processo de projeção é um estágio altamente importante e intrincado que demanda grande quantidade de energia humana e intelectual a ser empreendida por parte dos projetistas e de seus parceiros colaboradores. A integração dos projetos arquitetônicos e estruturais reclama dos arquitetos muito tempo e cuidados especiais uma vez que irão acarretar em

desdobramentos significativos no canteiro de obras. Conclui-se, desta forma, ser o projeto o planejamento de um objetivo a ser alcançado: a edificação.

Em seu trabalho introdutório ao planejamento e controle de custos na construção civil brasileira, Goldman (1986) corrobora esta assertiva quando dita sobre a importância do setor de planejamento no sucesso de qualquer empreendimento. Faz referência a um setor específico de grande relevância (setor de planejamento técnico) que coordena os trabalhos dos demais setores da empresa, no caso, o setor de arquitetura. Evidentemente, o setor de planejamento trata do plano estratégico de caráter mais amplo da empresa não descartando o setor de arquitetura do seu próprio planejamento, o plano tático. Afirma que "A perfeita coordenação do projeto arquitetônico com outros projetos (cálculo estrutural, instalações, outros) também é atribuição do planejamento. A responsabilidade na procura de novos materiais e serviços aliados à economia nos custos são atribuições que o planejamento deve dividir com o setor de arquitetura" (p. 11). E ainda, o setor de planejamento técnico é responsável por quatro atribuições de estudo, planejamento e controle: viabilidade da construção; planejamento técnico-econômico; controle físico-financeiro e resultados físico-financeiros. Goldman demonstra que, principalmente, nas duas primeiras fases o projeto arquitetônico é de suma importância chegando a afirmar que na fase de viabilidade da construção o ideal seria se os empreendedores já estivessem com o projeto arquitetônico detalhado o que, na prática, não acontece; na maioria dos casos existem apenas os estudos preliminares

Ora, se nesse momento evidenciou-se a importância do projeto arquitetônico nas fases iniciais de qualquer empreendimento, subentende-se que devem ser engendrados todos os esforços para a sua qualificação, o que não pode ser colimado sem a devida integração entre os campos arquitetônico e estrutural. Isto equivale a dizer que sem a realização do

lançamento estrutural na fase de estudos preliminares é quase impossível um projeto de efetiva qualidade.

Conceber uma obra significa necessariamente pensar uma intenção de estrutura. Toda construção pressupõe uma estrutura, um material e uma técnica que a caracteriza. Assim, estrutura e arquitetura nascem juntas no momento do projeto. Embora óbvio, trata-se de um aspecto nem sempre consciente de quem projeta, como se a estrutura pudesse vir a *posteriore* (REBELLO, et al., 2006 p. 35)[grifo nosso].

Na publicação de Goldman (1986), consta que a fundação¹⁰ e a estrutura tem elevada participação na composição do custo total do edifício, o equivalente a aproximadamente a 15% e 29% do montante global. Soma-se à este fato, a dificuldade de correção de problemas e erros de execução da estrutura.

Em contrapartida, os custos do projeto em relação aos investimentos totais da obra pode-se dizer que são insignificantes. Segundo um levantamento realizado em vários projetos, o engenheiro constatou que os custos de execução dos projetos, em média, equivalem a **2,3%** e **4,4%** dos custos totais da edificação. Fica patente que é muito menos dispendioso corrigir erros no projeto do que na fase executiva.

Esta constatação fica ainda mais evidente nos trabalhos de Fruet e Formoso (1993). Por meio de um levantamento com 45 empresas de construção civil de pequeno porte, verificaram que mais de 90% das empresas efetuavam modificações de projeto durante a obra. Dessas modificações, 53% eram relativas a incompatibilidade entre diferentes atividades técnicas.

¹⁰ Normalmente não se realiza o lançamento estrutural de fundações, contudo, serão afetadas diretamente pelas soluções estruturais adotadas no edifício, motivo pelo qual, face às argumentações em curso, a fundação foi enquadrada nos custos da edificação.

É na fase de concepção que se origina a maioria dos problemas patológicos dos edifícios. [...] **Embora a importância da fase de concepção do empreendimento seja consenso no meio técnico, na prática observam-se muito poucas medidas de aprimoramento desta atividade.** Durante a viabilização dos empreendimentos, uma grande atenção é voltada aos aspectos estratégicos do gerenciamento empresarial, como o fluxo financeiro e as etapas de comercialização. O projeto é muitas vezes colocado em um segundo plano, sendo elaborado com um mínimo aprofundamento das soluções construtivas postergando-se estas para a solução "em campo", na etapa de construção (FRANCO, et al., 1993 pp. 2, 3)[grifo nosso].

Por meio dos estudos efetuados pela CBIC¹¹ (2012) e pela ABRAMAT¹² (2013) baseados na Pesquisa Anual da Indústria da Construção (Paic - IBGE), nas contas nacionais e em pesquisa de opinião junto às empresas do setor, foi possível destacar os seguintes pontos¹³:

- a) A participação do setor de construção civil na cadeia produtiva da construção foi de **64,7%** no ano de 2012.
- b) De acordo com a classificação adotada pelo CNAE-1.0¹⁴, o segmento da indústria da construção é subdividido em 06 grandes subgrupos. Os três principais são o segmento da construção de edifícios (edificações e obras de engenharia), o de obras de infraestrutura (elétrica e telecomunicações) e o de serviços especiais de construção (obras de instalações). No ano de 2009 os três segmentos¹⁵ tiveram participação no valor adicionado¹⁶ do setor com percentuais de 69,3%, 14,0% e 5,4%, respectivamente.
- c) O subgrupo Edificações¹⁷ respondeu em 2009 por 30% do valor adicionado e **34%** do emprego de toda a indústria de construção civil.

¹¹ CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção.

¹² ABRAMAT - Associação Brasileira da Indústria de Material de Construção.

¹³ O relatório da CBIC considera a base de dados relativos ao período de 2003 a 2009, fonte mais atualizada disponível até o momento da publicação do trabalho.

¹⁴ CNAE - Classificação Nacional de Atividades Econômicas, IBGE.

¹⁵ Considerando-se apenas as empresas com 5 ou mais pessoas ocupadas.

¹⁶ Entenda-se PIB do setor.

¹⁷ Considerando-se apenas as empresas com 30 ou mais pessoas ocupadas.

- d) Mesmo com uma ligeira queda de produtividade ocorrida no ano de 2012 devido à peculiaridades do cenário macroeconômico e do desaquecimento do mercado imobiliário nacional, **o PIB setorial representado pela cadeia produtiva da construção civil foi R\$328,5 bilhões, o equivalente a 8,8% do PIB do país.** No mesmo período, o PIB das construtoras cresceu 4,6% em termos nominais.
- e) Desde o ano de 2003 vem ocorrendo frequentes aumentos na formalização das empresas do setor chegando a 63,5% de participação do valor adicionado em 2009.
- f) Houve um aumento dos impostos e taxas gerados em 2012 pelas atividades da cadeia produtiva da construção somando R\$77,5 bilhões.
- g) A participação do setor de produção de aços longos¹⁸ no PIB nacional em 2012, segundo estimativa do IBGE, foi de R\$5,3 bilhões.
- h) A evolução contínua na produção e venda do cimento indica e confirma o crescimento do setor da construção. Segundo dados da SNIC¹⁹, no ano de 2012, a produção do cimento cresceu 7,3%. O valor adicionado do segmento representou 6,7% tendo atingido a marca de R\$8,3 bilhões em 2012. Em 2013, foram consumidos 70.974.211 toneladas de cimento sendo a região sudeste responsável pela maior quantidade, 44,5% do total.

Frente a esses dados, verifica-se que a indústria da construção civil brasileira desempenha um papel muito significativo no desenvolvimento do país. Além disso, o concreto armado, notavelmente o sistema estrutural mais utilizado no Brasil, tem, em sua composição, dois elementos de alto grau de

¹⁸ Vergalhões e outros itens de aços longos para construção civil.

¹⁹ Sindicato Nacional da Indústria do Cimento.

energia incorporada (o cimento e o aço). Economias feitas neste sentido resultam em benefícios ambientais de grande vulto.

Até aqui foram discutidos neste compêndio temas que demonstram a indissociabilidade entre a arquitetura e a engenharia, a insipiente persistência dos profissionais na prática individualista das profissões e de como esta atitude, diante da importância da indústria da construção civil no Brasil, resulta em reflexos negativos para a execução e para a economia do país.

Em especial, pôde-se perceber que, mesmo com a prática dissociada, justificar-se-ia o empenho dos empreendedores, dos produtores, dos comerciantes, dos agentes imobiliários, dos arquitetos e dos engenheiros no sentido de buscar um maior atrelamento nas relações do setor visto que, pela "simples" constatação de que os ganhos com a interação e um melhor planejamento de projetos, proporcionariam resultados altamente benéficos à sociedade como um todo podendo ser desfrutados coletivamente.

A estrutura personifica a tentativa criativa do projetista de unificar forma, material e forças. A estrutura, então, apresenta um meio inventivo, estético, para ambos, forma e experiência de construção.

Em consequência, pode-se concluir que as estruturas determinam as construções de maneira fundamental - suas origens, sua existência, suas consequências - desenvolvendo, portanto, conceitos de estrutura, como por exemplo o *projeto estrutural básico*²⁰, que é um componente integral do autêntico projeto arquitetônico. Por isso a diferença prevaiente entre o projeto estrutural e as formas arquitetônicas - como seus objetivos, seus procedimentos, suas linhas e, por esta razão, também para seus intérpretes - é sem fundamento e contraditória para a causa e a ideia de arquitetura.

A diferenciação entre projeto arquitetônico e projeto estrutural precisa ser dissolvida (ENGEL, 2001 p. 19)[grifo nosso].

²⁰ Entenda-se 'projeto estrutural básico' como o lançamento da estrutura na fase de estudo preliminar arquitetônico.

5.1 LANÇAMENTO ESTRUTURAL - UMA BREVE DISCUSSÃO

O processo de projeção é normalmente estruturado e metódico, contudo, não é um processo mecânico²¹. Processos mecânicos tem resultados que podem ser previamente determinados diferentemente do processo criativo em que se empenha o máximo de esforço com o fim de se obter um produto que até então não existia. Por outro lado, o arquiteto genuinamente criativo tende a perder-se ao longo do caminho embora ainda saiba que é responsável pela administração do processo (FREDERICK, 2009).

Desta forma, o arquiteto deve trabalhar sob um controle flexível diferentemente do controle convencional autoritário. Deve estipular um limite de recursos em que possa ajustá-lo ao longo de suas necessidades sendo este comportamento mais eficaz para a qualidade do processo de desenho.

O projeto deve ser entendido como sendo parte de um processo, parte de um sistema maior, que tem como objetivo final um produto, no caso, a construção de edifícios. Sendo assim, para que se possa evoluir na trilha da qualidade, é fundamental a organização e coordenação de todo o processo de projeto nos empreendimentos da construção civil. A implantação de novas metodologias visando a qualidade do projeto deve estar inserida em um programa mais amplo de qualidade nas empresas; a busca da qualidade do projeto não deve nunca ser uma ação isolada (MELHADO, et al., 1995).

"A atividade de projeto deve estar integrada, quanto aos objetivos e quanto aos procedimentos, com o conjunto das atividades vinculadas ao empreendimento e às relações externas da empresa, sendo considerada um subsistema deste conjunto" (MELHADO, et al., 1995 p. 9). Melhado ainda declara mais dois conceitos que são aplicados ao projeto: o conceito estático e o dinâmico. O primeiro refere-se ao projeto como produto final de um processo. É o conjunto físico de elementos gráficos e

²¹ Ver nota de rodapé 23.

descritivos que visam ordenar e orientar os trabalhos executivos. O segundo confere ao projeto um caráter corrente de fluxos e de movimentos, portanto um sentido de processo por meio do qual busca-se encontrar as melhores soluções que justifiquem o empreendimento. "A atividade de projeto não cessa quando da entrega do projeto à obra; na medida em que existe a imprevisibilidade e que a eficácia das decisões tomadas em projeto só pode ser efetivamente avaliada durante a execução, a permanência da equipe de projeto ao longo daquele período é fundamental" (1995 p. 15).

Sinteticamente, o intuito deste debate é o de fazer com que o arquiteto compreenda a colossal relevância do projeto bem como a notoriedade que a estrutura e sua respectiva concepção tem no projeto arquitetônico que, por muitas vezes, encontra-se escondida ou camuflada na arquitetura e dá a impressão de que não teve um papel fundamental na solução escolhida. "Quando a estrutura contribui arquitetonicamente, além de cumprir seu papel principal de sustentação de cargas, ela agrega riqueza estética e funcional aos projetos. Ela aumenta nosso interesse e prazer nas edificações, melhora seu uso e eleva o ânimo dos usuários" (CHARLESON, 2009 p. 7).

Dentre as etapas de desenvolvimento de um empreendimento, a fase de concepção, na qual se incluem os estudos preliminares, anteprojeto e projeto, exerce papel determinante na qualidade, tanto do produto acabado como do processo construtivo. Assim, um grande avanço na obtenção de melhor qualidade da construção pode ser alcançado a partir da melhoria da qualidade dos projetos. Além disso, muitas medidas de racionalização e praticamente todas as medidas de controle da qualidade dependem de uma clara especificação na sua fase de concepção, isto é, não é possível controlar uma atividade ou produto, se suas características não se encontram perfeitamente definidas. [...] **É na fase de concepção que se origina a maioria dos problemas patológicos dos edifícios** (FRANCO, et al., 1993 p. 2)[grifo nosso].

O colóquio se justifica para que se possa estabelecer um melhor entendimento e definição do que é o lançamento estrutural no projeto arquitetônico, de como é enfrentado pelos arquitetos

e pelos os engenheiros, quais as fases e os procedimentos empenhados no lançamento e de que forma podem se complementar.

“Diminuir a dimensão das seções das peças estruturais ou ampliar o vão, afastando os apoios, demanda geralmente soluções diferenciadas, nas quais a estrutura passa ser importante elemento de configuração do espaço” (REBELLO, et al., 2006 p. 124). Em outras palavras, Rebello nessa sentença quis dizer que, durante a fase da concepção arquitetônica, é possível afirmar que sempre serão necessários estudos de forma e de disposição dos elementos estruturais. Com o intuito de ampliação ou redução dos ambientes, novos arranjos de apoio com alteração do seus comprimentos, provocará no projetista a busca soluções, muitas vezes inusitadas para obter uma solução espacial satisfatória. Neste caminhar a estrutura torna-se um fator preponderante de configuração dos espaços fortalecendo a importância do seu lançamento na fase preliminar de estudos.

Repetidamente, foi mencionado no presente trabalho que o agente responsável pelo lançamento da estrutura é o arquiteto na medida em que define a configuração espacial. Isto não implica dizer que o engenheiro não deva participar deste processo. Ao contrário, é imprescindível, em dado momento, que o engenheiro analise, avalie e posicione o projetista sobre a viabilidade da estrutura por ele concebida. Cabe aqui, neste momento, uma pausa para uma singela observação ou, se mais adequado for, uma “anedota”: mesmo que os arquitetos e os engenheiros decidissem nunca mais conviver, felizmente, impossível seria essa proeza face aos apelos profissionais e à completude arquitetônica.

O lançamento estrutural, na engenharia, se dá de maneira um pouco distinta da arquitetura. Por definição, a engenharia trata objetivamente os procedimentos de lançamento da estrutura estipulando regras e métodos de trabalho. Estas regras são importantes mas, de início, não são tão preponderantes para o lançamento realizado pelo arquiteto. O engenheiro, de um modo geral, quando se depara com o lançamento estrutural, de imediato

visualiza o anteprojeto arquitetônico. A partir da análise do anteprojeto inicia a organização e a locação racionalizada dos pilares, das vigas e das soluções de laje seguindo algumas regras consagradas. Vários compêndios foram concebidos neste sentido. Este procedimento faz parte do processo projetual, porém deve ser o desdobramento de um trabalho preliminar que deveria ser executado pelo arquiteto que é o de conceber (lançar) a estrutura no estudo preliminar arquitetônico. Esta prática recorrente por parte dos engenheiros é o resultado da metodologia linear e desintegrada de confecção do projeto arquitetônico aqui exaustivamente tratada.

Dá-se o nome de lançamento de estrutura ao procedimento de locar lajes, vigas e pilares, capaz de suportar as cargas buscando uma disposição que se adapte bem ao projeto arquitetônico sem prejudicá-lo esteticamente. **Seria sempre desejável que o arquiteto, ao projetar a arquitetura, estivesse preocupado com a estrutura, de modo que estrutura e arquitetura se integrassem, sem que uma prejudicasse a outra.** Infelizmente isso nem sempre ocorre, fazendo com que, muitas vezes, a estrutura tenha que se adaptar de maneira forçada ao projeto arquitetônico. Ou, ainda, que este tenha que ceder às necessidades da estrutura, prejudicando sua estética ou funcionalidade, sofrendo, em situações extremas, modificações profundas (REBELLO, 2007 p. 201)[grifo nosso].

O estudo preliminar, pode-se depor que é o "risco inicial" que define o partido arquitetônico. É a síntese de um conjunto de poderosos condicionantes com os quais o arquiteto soube tratar. Nele está presente um conceito fundamental que estipula as características necessárias para a melhor solução arquitetônica dentro daquele contexto. Inexistem soluções ideais ou perfeitas. Subsistem soluções satisfatórias encontradas sob o todo do que é possível realizar, do que é plausível, exequível e viável. A arquitetura está intimamente vinculada às condições impostas pela vida e, portanto, é também falível.

"[...] A arquitetura, sendo motivada e preocupada para com os problemas da humanidade, muito raramente fornece uma solução clara para uma situação ambiental. No entanto existe a grande

riqueza de toda a paleta do arquiteto e suas qualidades inerentes ou desenvolvidas" (ENGEL, 2001 p. 10).

Os edifícios possuem um dinamismo muito próximo à dinâmica da vida. Nascem, vivem, envelhecem e morrem - prescindem de manutenção, atenção e acompanhamento contínuo. A responsabilidade do arquiteto é sobrenatural. "As obrigações e responsabilidades das múltiplas facetas do projeto ambiental exigem um conhecimento geral do arquiteto, como nunca se havia imaginado antes" (ENGEL, 2001 p. 9).

O ato do lançamento estrutural pode ser melhor definido pelo termo conceber. O arquiteto por meio de uma meta reflexão vislumbra as soluções estruturais e viabiliza o modo pelo qual o edifício ficará de pé. Segue, também, princípios lógicos mas, acima de tudo, acompanha um ordenamento que leva em conta um conjunto de dimensões e de diretrizes que o engenheiro não toma posse.

Mais à frente é apresentado um diagrama de fluxos que ilustra os procedimentos que devem ser seguidos pelo projetista para a confecção integrada do projeto arquitetônico (**Figura 15**), contudo, é salutar aqui antes destacar o trabalho realizado pelo professor Roberto Corrêa (2004) no artigo Integração de Projetos de Estrutura e Arquitetura de Edifícios Ensinados Através de Auxílio Computacional. O artigo contempla uma ilustração que organiza os procedimentos de lançamento estrutural (**Figura 13**) destacando a sua importância uma vez que diminui a probabilidade de erros nas fases seguintes do projeto, evitando o retrabalho.

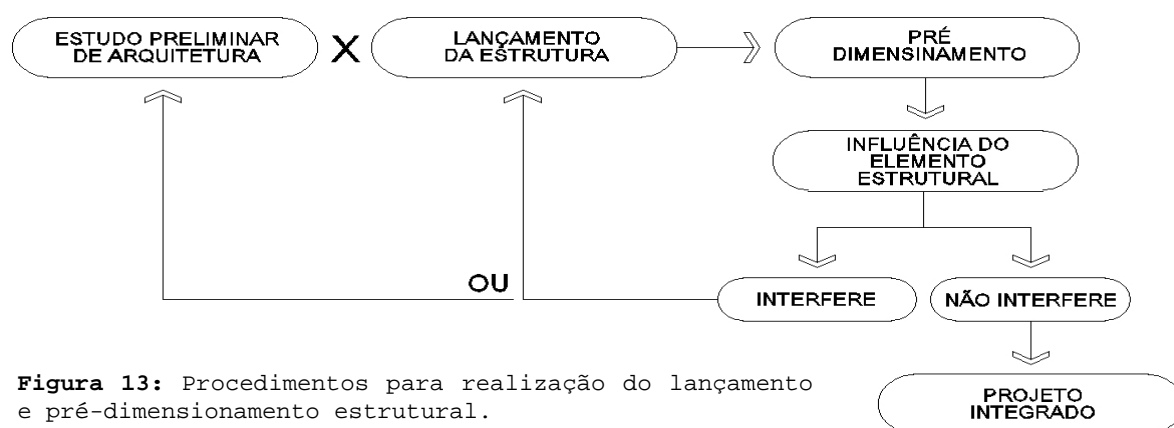


Figura 13: Procedimentos para realização do lançamento e pré-dimensionamento estrutural.
Fonte: (CORREA, 2004).

Dentro do universo da arquitetura, o lançamento da estrutura se dá na fase de estudo preliminar arquitetônico englobando não e tão somente a locação de elementos estruturais mas, sobretudo, a reflexão entre os fatores determinantes do projeto. A concepção e adoção de um partido arquitetônico é uma tarefa complexa que exige raciocínios objetivos e ao mesmo tempo sensibilidade, criatividade e intuição. Trata-se de um jogo entretido em que as variáveis essenciais na formação do embrião de um projeto devem ser dinamicamente conjugadas num tabuleiro de cores múltiplas (**Figura 14**). É um estágio em que as fórmulas e deduções da engenharia geram resultados ilógicos para a arquitetura e que os dogmas criativos individuais do arquiteto necessitam romper a barreira da abstração para transformarem-se em soluções espaciais concretas e objetivas.

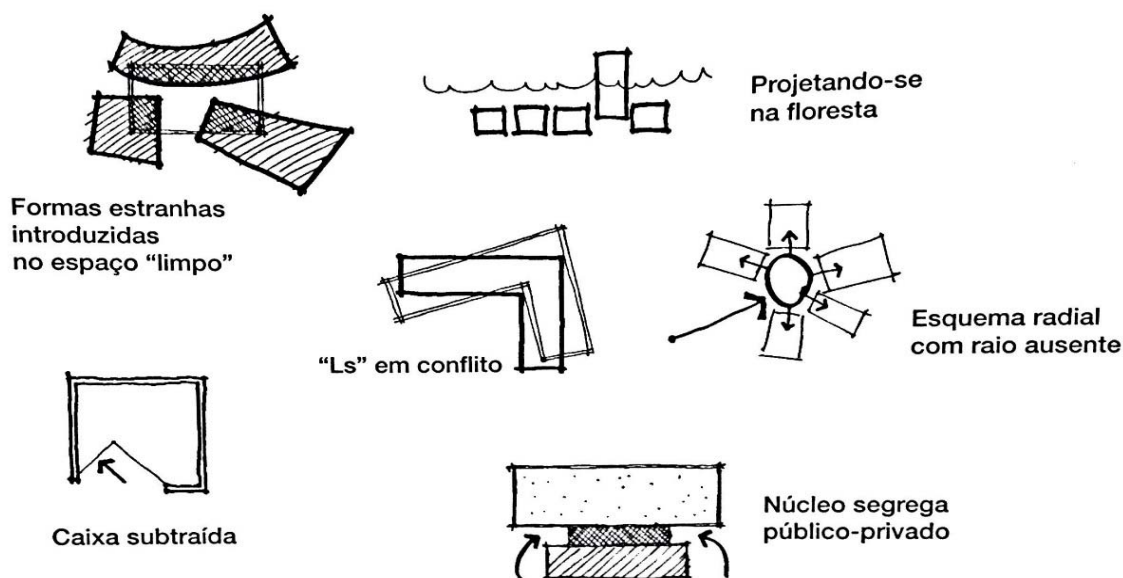


Figura 14: O partido Arquitetônico na arquitetura, exemplos.
Fonte: (FREDERICK, 2009).

Melhado e Agopyan (1995) compilaram uma série de informações, dados e gráficos sobre o conceito e a elaboração do projeto para a construção de edifícios. Propuseram diretrizes para a organização dos procedimentos, coordenação e controle do processo visando a melhoria da qualidade dos projetos de edifícios. Com base neste trabalho, no artigo de Correa (2004),

nos fundamentos da metodologia do projeto arquitetônico e estrutural de Engel (2001 p. 29) e acrescentando-se outras variáveis e condicionantes inerentes ao projeto arquitetônico, foi possível elaborar um diagrama que demonstra de que maneira e em quais momentos deve ser realizado o lançamento estrutural durante o processo de projeção **(Figura 15)**.

O diagrama tem o objetivo de auxiliar a compreensão dos fluxos e rotinas projetuais com ênfase no lançamento estrutural na fase de estudo preliminar arquitetônico. O arquiteto, muitas vezes, perde-se no emaranhado projetual omitindo tarefas e procedimentos importantes do processo e o engenheiro, na maioria dos casos, não possui o entendimento holístico da incumbência projetual e supõe compreender o lançamento, como dito anteriormente, como um encadeamento de regras e aferimentos. Pretende-se o clareamento intelectual por parte de ambos.

Foi composto e arranjado, o diagrama, sob uma estrutura bidimensional, sendo esta a que melhor proporcionou inteligibilidade do processo. Contudo, infelizmente, houveram algumas perdas nesta representação mais especificamente no tocante à percepção do caráter sistêmico, dinâmico e acumulativo dos fluxos. As retroalimentações (feedbacks) sofrem interferência de fluxos anteriores que por sua vez interferem nos fluxos seguintes. Esta dinâmica somente é possível ser representada por meio de um modelo tridimensional em cadeia espiral. **Como o intuito aqui é o de provocar a lucidez do processo, a representação em três dimensões ficou destinada ao futuro, podendo fazer parte de uma possível extensão deste trabalho, ou seja, o estudo e o detalhamento do processo projetual com ênfase no lançamento estrutural.**

PROCESSO DE PROJETAÇÃO COM ÊNFASE NO LANÇAMENTO ESTRUTURAL ARQUITETÔNICO

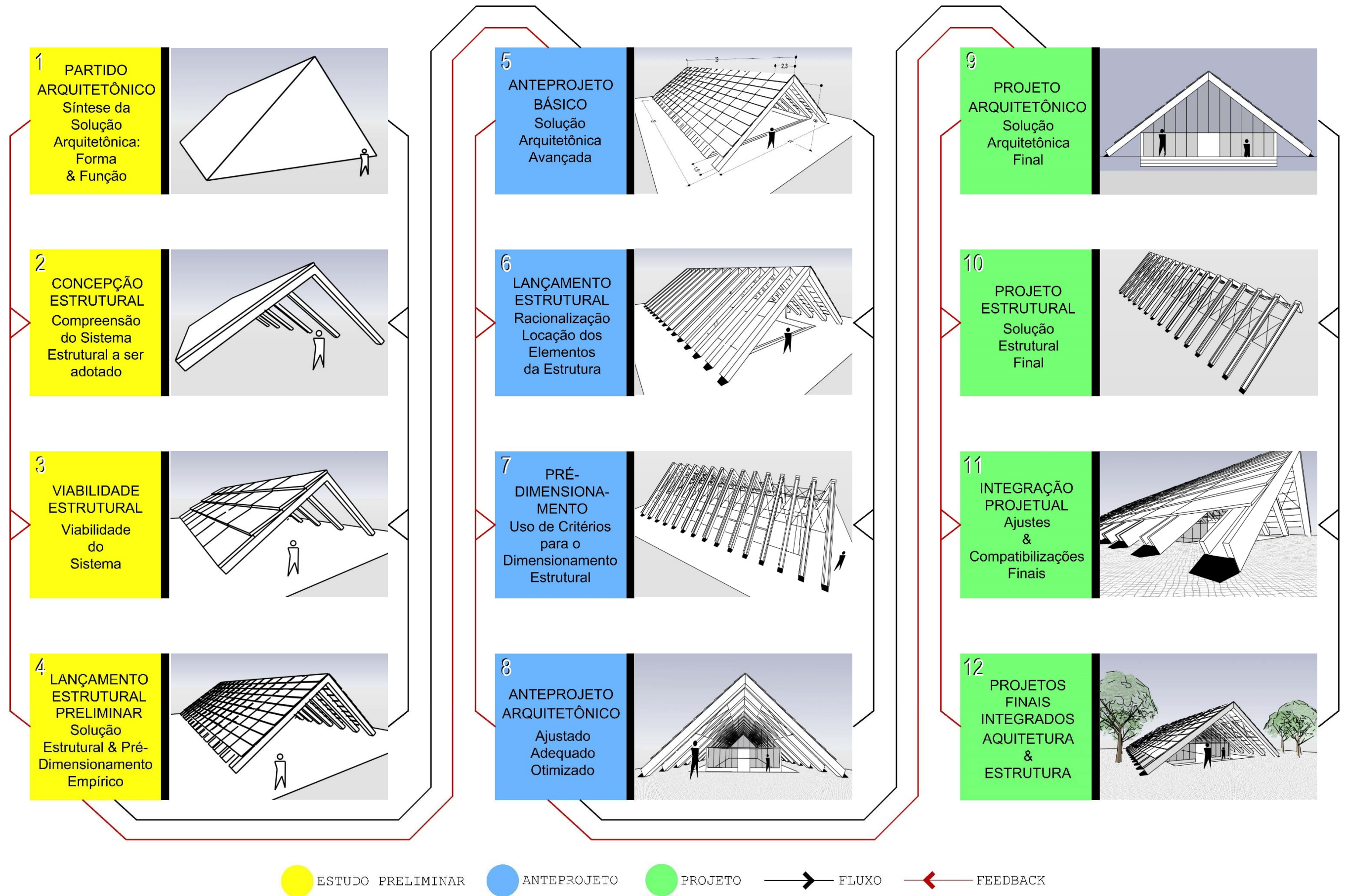


Figura 15: 12 Fases do Processo de Projeto Arquitetônico com ênfase no lançamento estrutural.
Fonte: Diagrama do autor.

5.2 EXEMPLOS HISTÓRICOS

“Um dos grandes desafios da engenharia e da arquitetura em todos os tempos, sobretudo nas épocas mais remotas, relaciona-se com a busca da solução para se criar e manter seguras as aberturas e os espaços internos das construções. Ao longo da história, um grande número de soluções foi experimentado pela humanidade através de seus construtores, arquitetos e engenheiros, com maior ou menor criatividade por tentativa e erro” (CUNHA, 2009a p. 69).

A afirmação de José Celso relata uma condição essencial para a adoção dos espaços destinados às atividades humanas: criação e segurança. Estes dois termos podem ter uma acepção análoga à arquitetura e à engenharia, respectivamente. De maneira simples e objetiva, o autor preconiza a integração eterna entre os campos.

Interessa no contexto dessa dissertação compreender a evolução de algumas soluções estruturais, das mais remotas até os dias de hoje, que estejam voltadas a utilização dos espaços cobertos como abrigo, celebrações sociais e religiosas, sepultamentos, moradias, indústrias, viadutos, templos, pavilhões, escritórios, dentre outras, bem como o relacionamento destas soluções com a forma (partido arquitetônico) adotada na arquitetura. Esta relação é de fundamental importância pois pode demonstrar de que maneira se manifesta o diálogo entre arquitetura e estrutura e de que forma a edificação deixa transparecer esta linguagem, reforçando a indissociabilidade dos dois conjuntos: implícita ou explícita, mais ou menos evidente, clara ou obscura.

Em determinados períodos da história da arquitetura as construções evidenciaram a correlação entre forma e estrutura. Neste contexto, podem ser exemplificados os templos gregos, as catedrais góticas e, mais recentemente, as construções do

Movimento Modernista²² onde os edifícios foram despojados de todos os ornamentos esclarecendo aos usuários o sistema estrutural, a técnica construtiva e, muitas vezes, o material utilizado. Diferentemente desta conjugação notória entre forma e estrutura, está a arquitetura produzida no período Barroco em que as construções eram, em sua grande maioria, revestidas com uma profusão de ornamentos que mascaravam o sistema estrutural. (REBELLO, et al., 2006).

Inúmeras são as edificações em que a forma sobrevém dos componentes estruturais. Nestes casos, desempenharam um papel preponderante para o atendimento das exigências espaciais requeridas por funções específicas, contrariando alguns estudiosos deterministas e defensores de que a arquitetura, no caso a concepção da forma - o ideário formalista, vem em primeiro lugar no processo projetual para a *posteriore* conceber-se a estrutura.

Assim sendo, nesta seção foram analisadas algumas soluções estruturais que possibilitaram a formatação do espaço arquitetônico o qual foi objeto de diferentes usos e funções. Adotou-se aqui a organização destes exemplos sob um contexto temporal e, ao mesmo tempo, sem que, necessariamente, houvesse uma correlação entre eles. Foi evitado o critério estrito da cronologia a fim de não interferir na seleção, tampouco induzir a caminhos e entendimentos diversos que não sejam o da compreensão da relação intrínseca entre arquitetura e estrutura. Coube somente analisar os componentes estruturais que estivessem claramente ligados à arquitetura evidenciando ótimas associações e que devem, por parte do leitor, ser contextualizadas no tempo, sob condicionantes humanos, sociais, religiosos, econômicos e de viabilidade tecnológica.

²² Arquitetura preconizada no início do século XX e idealizada, principalmente, pelo arquiteto franco-suíço, Le Corbusier. Intensamente praticada no período pós 2ª Guerra Mundial momento em que difunde-se amplamente pelo mundo. Foi também chamado de "estilo internacional".

Os exemplos foram escolhidos com o intuito de constituírem-se no liame de propostas e soluções de vencimento de vãos, ou seja, modelos que possuíssem uma relação com espaços cobertos.

Ousa-se dizer aqui que a arquitetura nada mais é do que um mecanismo²³ de criação de espaços para o desempenho de funções humanas. Estes espaços, por sua vez, podem ser cobertos ou descobertos, protegidos ou desprotegidos, abertos ou fechados, cheios ou vazios, escuros ou iluminados. Entretanto, diante da ordem moderna, sabe-se que nas cidades a maior parcela de esforços e de recursos é empenhada no sentido de elaborar e construir espaços cobertos e protegidos o que vem justificar a seleção das construções deste capítulo.

A importância da arquitetura não está, de fato, restrita a um número limitado de construções notáveis. [...] O aspecto mais importante da aparência dos edifícios está no que vislumbramos a respeito das sociedades que os construíram. Sua tecnologia e sistemas de organização social, suas necessidades práticas e aspirações - tudo está registrado na estrutura de suas construções (STEVENSON, 1998 p. 7).

No mesmo viés do raciocínio anterior, as antigas cavernas e grutas, provavelmente, foram um dos primeiros espaços cobertos (vãos) convenientemente seguros habitados pelo homem primitivo, argumento que justifica algumas considerações a seu respeito uma vez que possui uma relação intrínseca com o recorte e objeto desta dissertação, a **viga**.

Sua formação, composta de rochas, remete à configuração dos arcos antigos que, por sua vez, são feitos com blocos comprimidos de pedra comportando-se, estruturalmente, como uma viga arqueada. Ilustrativamente, é possível examinar-se na

²³ Entenda-se aqui o termo *mecanismo* ou *mecânico* no sentido figurado, como sendo um conjunto de elementos constituintes de um serviço, no caso, a confecção do projeto arquitetônico.

Mecanismo:

1 - Combinação de órgãos ou de peças dispostas de forma a obter-se um determinado resultado.

3 - [Figurado]: Conjunto dos órgãos que constituem um Estado, uma administração, um serviço, uma sociedade.

Dicionário Priberam da Língua Portuguesa. Disponível em: <http://www.priberam.pt/dlpo/mecanismo>. Acesso em 20 de julho de 2014.

figura a seguir a caverna e o arco, aqui opinado como sendo os primórdios da viga moderna - "a viga primitiva".

As cavernas, geralmente, possuem maior altura na parte central e menores alturas livres nas extremidades (laterais onde o teto encontra-se com o solo). Essa característica confere à solução da natureza um comportamento similar ao dos arcos em que as rochas do teto encontram-se comprimidas proporcionando a estabilidade estrutural do vão.

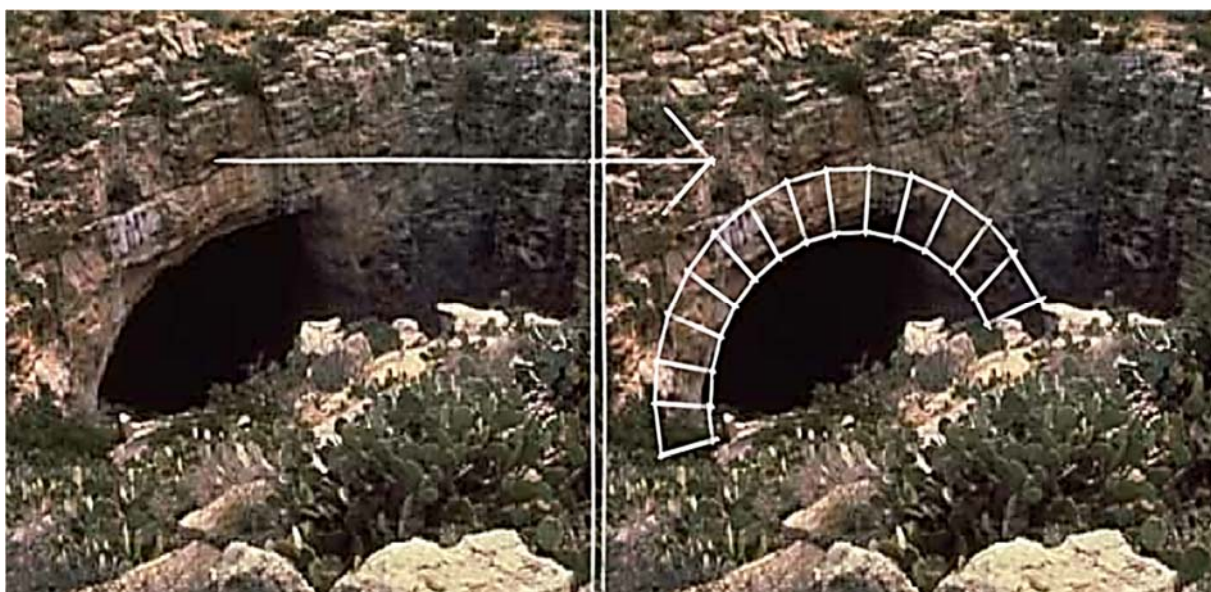


Figura 16: A caverna, o arco e a "viga primitiva". Desenho do autor sobre imagem. Fonte: Internet domínio público.

O arco feito de pedra é, para a arquitetura e para a engenharia, um elemento curvo utilizado para abranger uma abertura e para suportar as cargas sobre ele dispostas. É composto por uma série de blocos em forma de cunha, isto é, aqueles em que a extremidade superior é mais larga do que o flanco da borda inferior. Estes blocos são chamados de aduelas. Cada peça deve ser cortada precisamente de modo a impor uma pressão contra a superfície dos blocos vizinhos. Desta forma, é capaz de conduzir as cargas uniformemente (CUNHA, 2009b).

Durante a construção de um arco, as aduelas necessitam ser apoiadas até o assentamento da pedra fundamental (central), última a ser colocada no conjunto. A curvatura do arco pode ser

semicircular, abatida (arco abatido) ou conjugada com retas e curvas.

Nas antigas construções que utilizavam exclusivamente pedras, os arcos possuíam várias vantagens sobre as vigas. Estendiam-se por aberturas mais largas (maiores vãos) uma vez que podiam ser confeccionados a partir de blocos pequenos de tijolo ou pedra facilmente transportados em oposição a uma viga de pedra monolítica. Outro fato importante é que um arco também pode suportar e transferir aos apoios uma carga muito maior do que uma viga é capaz. Esta capacidade de carga, em primeiro lugar, decorre do fato de que a pressão atuante sobre o arco ou pelo peso próprio de seus blocos tem o efeito de pressionar as aduelas umas contra as outras em vez de separá-las, forçando a estabilidade do conjunto. Esta característica provoca um empuxo nos apoios e se estes não forem devidamente resistentes podem fazer com que a estrutura entre em colapso. Em segundo lugar, o desenho que o arco descreve, isto é, a sua forma, auxilia em grande monta a sua capacidade de suportar as cargas sobre ele aplicadas graças a um princípio básico que envolve o centro de gravidade²⁴. Quanto maior a quantidade de massa (material) afastada do centro de gravidade da seção, maior será a capacidade de inércia desta seção, isto quer dizer que menor será a capacidade de giro de suas seções.

Portanto, de acordo com Yopanan, pode-se concluir que "[...] não é só a resistência do material que garante a um elemento estrutural a capacidade de suportar cargas. Sua forma é muitas vezes mais determinante da sua resistência do que a própria resistência do material. [...] Quando a forma de uma peça estrutural é bem elaborada, ela se traduz em ganho na sua capacidade resistente" (2000 p. 28).

²⁴ Segundo Yopanan (2000 p. 52), "[...] o centro de gravidade de uma figura plana é o ponto em que, se a figura tivesse peso, poderia ser suspensa sem sofrer qualquer giro, mantendo-se horizontal. Para que isto ocorra, é intuitivo ser necessário que as massas que compõe a figura estejam adequadamente distribuídas, em todas as direções, em relação ao centro de gravidade. Daí ser possível que o centro de gravidade de uma figura plana esteja situado fora dessa figura".

Assim, os suportes verticais sobre os quais repousa o arco, devem ser fortes o suficiente para suportar o empuxo e conduzi-lo para a fundação (como nos arcos romanos). Quando dispostos lado a lado, o empuxo dos arcos é neutralizado pelo arco seguinte e assim, sucessivamente, estabilizando todo o sistema. Esta técnica permitiu que fossem construídas estruturas de pontes de pedra em arco e os antigos aquedutos romanos.

Os arcos já eram utilizados no antigo Egito e na Grécia, mas foram considerados inadequados para a arquitetura monumental e raramente usados pois se tratavam de "falsos arcos" confeccionados por meio do sistema de modilhão. Diferentemente dos arcos de aduelas, os modilhões vencem os vãos pela simples sobreposição das peças que avançam progressivamente umas sobre as outras até se encontrarem no topo do vão. As pedras são comprimidas umas com as outras, contudo, funcionam estruturalmente de forma distinta em comparação aos arcos de aduela.

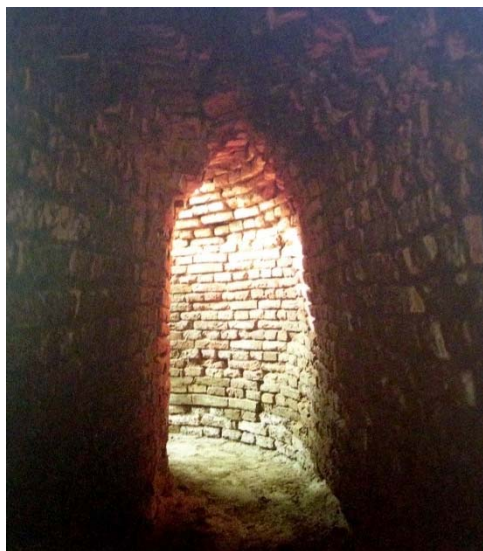


Figura 17: O Sistema de modilhão.
Fonte: Internet domínio público.

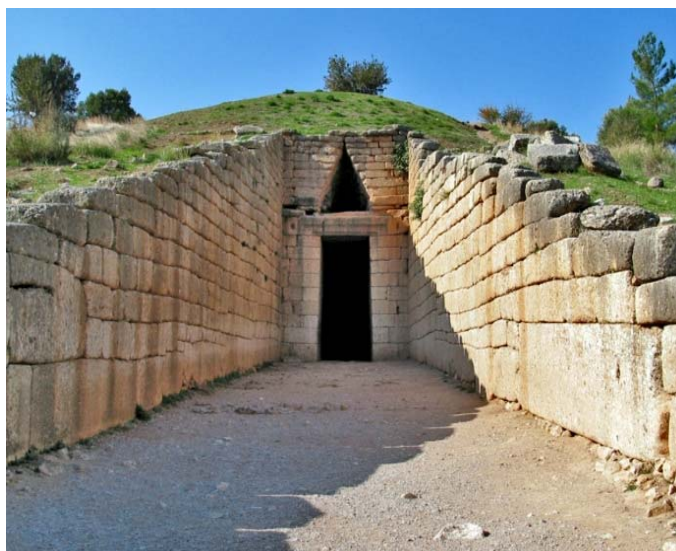


Figura 18: O Tesouro de Atreu na Grécia. Sistema de modilhão.
Fonte: Internet domínio público.

Os Romanos, por outro lado, usaram o arco semicircular em pontes, aquedutos, e na arquitetura monumental. Na maioria dos casos eles não usavam argamassa, confiando simplesmente na precisão dos encaixes feitos em cada pedra. Os árabes popularizaram o uso do arco e foi em suas mesquitas que obtiveram

uma aplicação e conotação estritamente religiosa. A Europa medieval fez grande uso do arco ogival, que constituiu-se em um elemento básico da arquitetura gótica. Ao final da Idade Média o arco abatido começou a ser introduzido nas construções. Esta forma de arco teve grande valor na engenharia de pontes, pois permitiu o apoio mútuo por uma fileira de arcos, levando o impulso lateral para os pilares em cada extremidade de uma ponte.

Os arcos modernos são confeccionados em aço, concreto e madeira laminada, dentre outros materiais, e são altamente rígidos e leves. Constituem-se até os dias de hoje, um elemento estrutural de grande relevância e utilização.

Neste ponto das presentes considerações, passamos pela citação e análise mais direta de alguns referenciais históricos que constituem projetos emblemáticos executados no Brasil e no Exterior, oportunos para o foco em nosso objeto. Seleccionadas dentre inúmeros outros exemplares, são quatro obras, nas quais a relação entre a forma e a estrutura apresenta-se de maneira muito legível, dado que o partido estrutural comparece nu, honesto, na volumetria e na fruição do espaço arquitetônico. Duas obras no Brasil, uma obra na Inglaterra e outra na Alemanha, abaixo introduzidas e a seguir comentadas uma a uma.

1) Catedral Anglicana em Brasília, projeto do arquiteto Glauco Campello, em 1961, para a Entrequadra EQS 309/310.



Figura 19: Catedral Anglicana de Brasília
Fonte: Internet domínio público.

Um projeto de genial simplicidade, um gesto certo, preciso, despretensioso, no qual estrutura, forma e função, são mais que harmônicos, são totalmente indissociáveis (**Figura 19**);

2) Garagem de Barcos do Iate Clube "Santa Paula" por Vilanova Artigas também em 1961, em São Paulo. Obra de beleza prenante pelo impacto de sua estrutura sem máscaras (**Figura 20**);



Figura 20: Garagem de Barcos do Clube Santa Paula.
Fonte: Internet domínio público.

3) Casa Ludwig Erhard em Berlim, Alemanha, por Nicholas Grimshaw e Associados, em 1998. Uma verdadeira "aula" de arquitetura explicitamente viabilizada pela estrutura com vãos imensos, arcos, tirantes e balanços, todos à mostra, numa forma impactante e espaços eficientemente resolvidos (**Figura 21**);



Figura 21: Casa Ludwig Erhard.
Fonte: Internet domínio público.

4) E, finalmente, a mais antiga das obras, em 1860, o Museu de História Natural em Oxford, Inglaterra, por Deane e Woodward.

Neogótico, radicalmente honesto na nudez de sua estrutura e partido (**Figura 22**).



Figura 22: Museu de História Natural de Oxford.
Fonte: Internet domínio público.

Um referencial histórico compartilhado parece, *a priori*, alicerçar as quatro obras. O que há em comum entre os quatro exemplos e de onde vem seu inusitado parentesco? Ora, talvez pudéssemos dizer que embora totalmente desassociadas entre si, as quatro obras, os quatro autores, tiveram a intenção comum de propor algo preciso, legível, claro no que diz respeito à relação entre o projeto plástico e o projeto estrutural. Na introdução acima, para todos os exemplos foram usados os adjetivos 'nu', 'honesto', ou similar, confirmando a tese do projeto legível de uma estrutura sem máscaras.

São quatro propostas muito objetivas e claras no que propõem e na maneira pela qual propõem o partido arquitetônico. Se a objetividade é patente e palpável no desenho, a subjetividade não é menos importante e impactante, e se define pela forma como todos os quatro projetos compactuam uma intenção de clareza, por assim dizer, didática. A forma plástica exorta muito claramente sobre a estabilidade da construção. Arquitetura e Engenharia são aí "irmãos siameses", isto é, indissociáveis. Este caráter sugere aqui neste momento um novo termo, um novo significado, e, portanto, um neologismo: **Arquitestrutura**. Acepção de diagnóstico ao invés de uma patologia, de "saúde

arquitetônica", de beleza e de sensualidade que é, ao mesmo tempo, graciosa e viril. O que dizer do partido arquitetônico e estrutural ousado por Artigas na Garagem de Barcos? Certamente brutalista mas ao mesmo tempo possui a leveza de uma bailarina cuja saia horizontal flutua sobre as pontas de suas sapatilhas.

A busca de um eventual "DNA" que possa unir os quatro projetos talvez encontre raízes no momento de concepção do mais antigo dos quatro exemplos: Inglaterra, 1860. Naquele período, naquele tempo e naquele espaço vivia-se o ápice da Revolução Industrial, e o que significou em termos de novos materiais, tecnologias e novidades de pensamento. Foi no século XIX, que iniciou-se o movimento Modernista, ou Pré-Modernismo por assim dizer, provocado por essas mesmas novidades, especialmente o ferro maleável e pré-disposto à assamblagem para vencer grandes vãos e grandes alturas; um reinado preconizado pela torre de Gustave Eiffel.

O século XIX "explodia" em mil novidades, notadamente na virada para o século XX, quando todas as artes se multiplicavam em inúmeras vanguardas: Impressionismo, Expressionismo, Realismo, Surrealismo, etc. Contudo, foi também o momento do Historicismo, movimento que imitava estilos do passado. Apesar desta prática, paradoxalmente, este período foi apelidado de o período dos "Neo": Neoclássico, Neorromânico, Neogótico, dentre outros. O museu de Oxford pertence à este último. Quais os motivos que levaram à escolha do projeto do museu uma vez que pertencia à uma escola que mimetizava padrões do passado?

A Revolução Industrial, em processo contínuo, trouxe inúmeras novidades, possibilidades de técnicas e métodos de trabalho bem como novos materiais. Naquele período, por exemplo, em que coexistiam artistas realistas e surrealistas num mesmo momento histórico, poder-se-ia, da mesma forma, classificar os arquitetos e os engenheiros em dois grupos:

a) O primeiro grupo via nas novas possibilidades tecnológicas pouco mais do que a chance de realizar as mesmas coisas que tinham sido de difícil realização no passado, entretanto, com muito mais facilidade e racionalidade permitidos pela tecnologia alcançada. Era possível a confecção de um arco romano ou de uma cúpula renascentista em estrutura metálica com um vão invariavelmente maior e de maior altura. Poder-se-iam fazer vitrais não mais com cacos de vidro e ligas de chumbo, mas com esquadrias de vidro de gigantescas dimensões e superior variedade de cores e de formas proporcionando a mesma impressão dos antigos mosaicos góticos. Essa produção estava ainda fortemente envolvida com o Historicismo e, portanto, eram recriações advindas das novas possibilidades tecnológicas pós-Revolução Industrial.

b) O outro grupo de pensadores e criadores percebia que os novos materiais tinham uma característica própria e, portanto, neles descobriram novas possibilidades plásticas muito além da imitação "mais fácil" dos estilos históricos. Pode-se dizer que este grupo, realmente, inventou algo de novo. Isto vale para a Arquitetura do Ferro como também para Salvador Dalí que, se assim tivesse desejado, poderia ter pintado um relógio²⁵ na mesma perfeição realista em que pintava a anatomia humana, mas preferiu o relógio "esvaindo-se", "derretendo-se". Isto vale para o projeto do museu que, mais do que uma imitação de um estilo do passado, inovou pela acertada utilização do sistema estrutural em ferro. Este material permitiu alcançar uma delicadeza ainda maior da que foi conquistada no gótico da idade média mas que devido a utilização de blocos discretizados em barras não permitia extremos. Este grupo foi o precursor do movimento modernista ou pelo menos o Pré-Modernismo, como passou a ser conhecido desde então, escola que promoveu enormes transformações na arquitetura vigente em todo o mundo.

²⁵ A Persistência da Memória, 1931. Pintura Surrealista, óleo sobre tela. Salvador Dalí.

5.2.1 Museu de História Natural, Oxford, 1860

Arquitetos Thomas Newenham Deane e Benjamin Woodward. Oxford, Inglaterra: 1860. Arquitetura Neogótica.

Em meados do século XIX, as sociedades urbanas começaram a usufruir das novidades sociais, culturais, econômicas e construtivas propiciadas pela Revolução Industrial e a Inglaterra foi, justamente, o epicentro desta avalanche de transformações.

A Universidade de Oxford enquanto instituição, provavelmente, esteve dividida sintomaticamente entre a novidade e a tradição, entre o passado e o futuro, entre o conhecimento e a inovação. Por se tratar de um museu, mais ainda de um museu de história natural, não foi de todo inusitado que a valorização da própria História protagonizasse o princípio do projeto. Considerando a importância histórica do Gótico Inglês²⁶ no contexto europeu e mundial, a opção de projeto naturalmente recaiu sobre a referência a este modelo. Decidiu-se, pois, pelo Neogótico. Todavia, o estilo deveria aplicar as técnicas

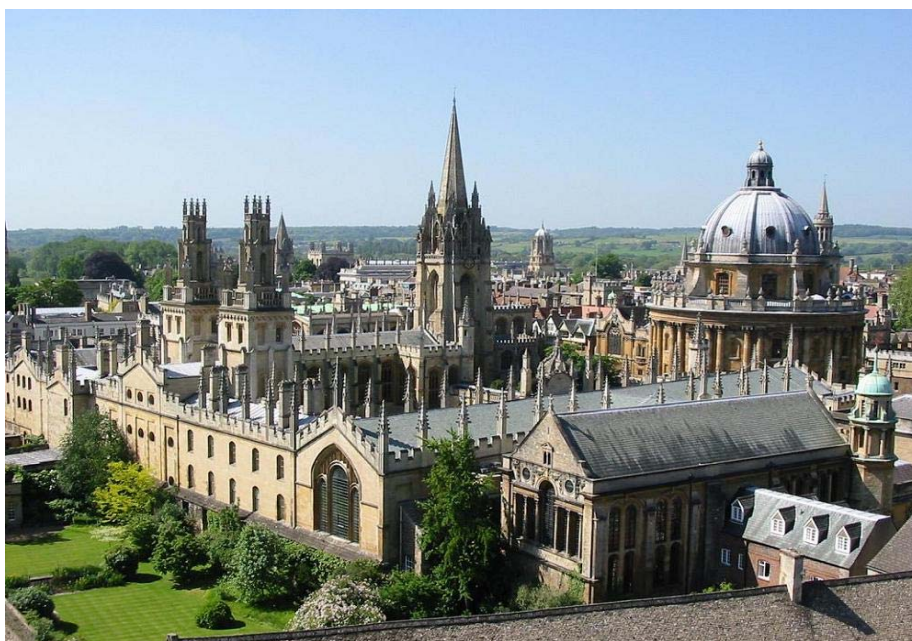


Figura 23: Universidade de Oxford, Inglaterra.
Fonte: Internet domínio público.

²⁶ Séculos X, XI, XII, idade média, período do estilo Gótico.

modernas do período, ou seja, lançar mão das novas tecnologias construtivas.

O resultado foi um edifício aparentemente gótico com inserções dos componentes clássicos e obrigatórios: arcos ogivais, linhas gerais bastante esguias e pontiagudas, lançando mão de rosáceas e outros elementos do gênero, porém, usando estruturas metálicas próprias de seu tempo. O espaço em termos funcionais é perfeito, amplo e generoso mesmo porque os seres pré-históricos foram o foco central das exposições.



Figura 24: Museu de Ciências Naturais de Oxford.
Fonte: Internet domínio público.

Os grandiosos salões são bem arejados e abundantemente iluminados. Esta última característica foi um forte valor do período gótico e, mais especificamente do museu, com os planos de vidro e vitrais compondo grande parte das vedações, auxiliando o condicionante bioclimático londrino, em que os ganhos térmicos são muito bem vindos face à rigidez do clima temperado.

Enquanto que no gótico clássico os empuxos dos arcos ogivais eram suportados pelos arcos botantes, contrafortes e

pináculos, no século XIX o ferro praticamente eliminou o uso destes elementos. O ferro suporta bem as tensões de tração e tem peso próprio muito baixo se comparado aos blocos de pedra. Desta forma, a base da edificação foi erigida em blocos que suportaram bem estes esforços e sobre ela aplicadas as coberturas. A característica deste material revolucionário permitiu um conjunto edificado mais coeso e uma relação expressiva muito interessante entre o embasamento feito de blocos e a cobertura de ferro.

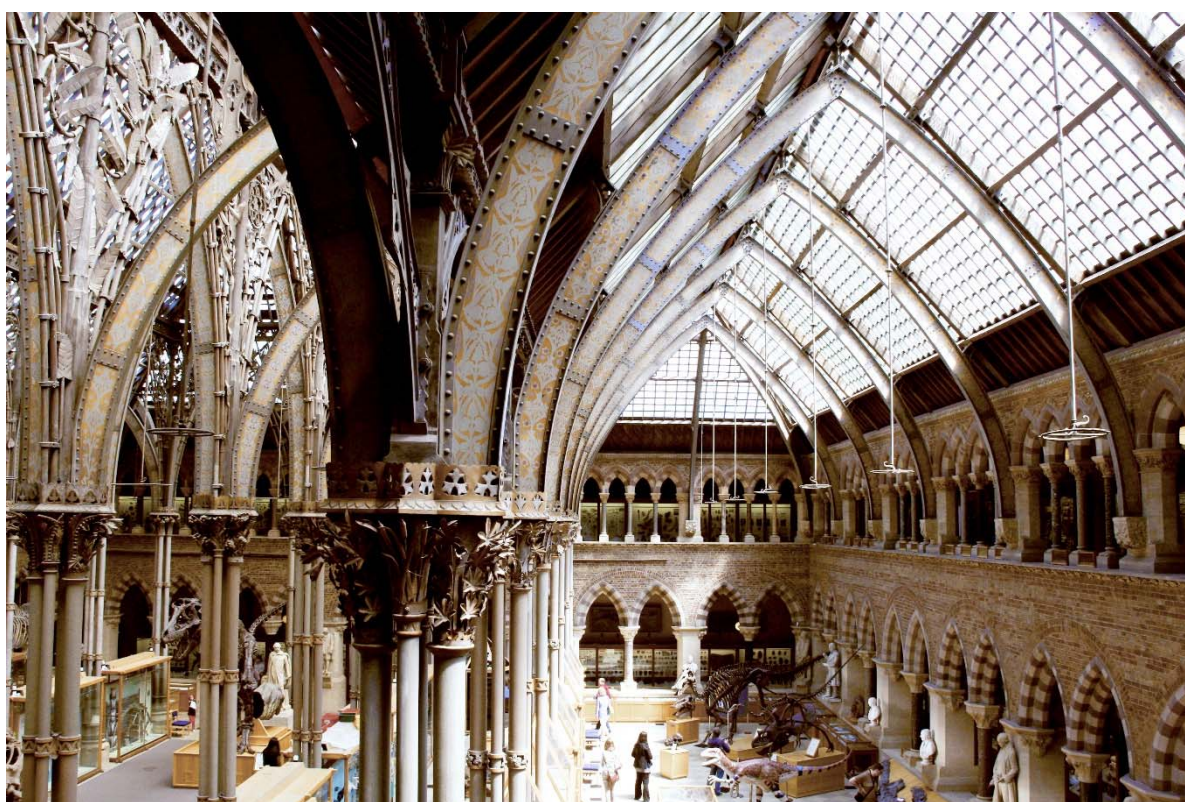


Figura 25: Detalhe do embasamento em blocos e da cobertura em ferro.
Fonte: Internet domínio público.

Uma grande "cobertura vazada", por assim dizer, contempla quase todo o conjunto e é suportada por pilares delgados de ferro que remetem à solução estrutural de "pseudotubos" e são abundantemente utilizados para a sustentação da cobertura. Estes pilares principais são constituídos por 4 finos pilaretes que, afastados entre si, promovem resistência ao giro do pilar. Tiveram que ser cuidadosamente "amarrados" por anéis metálicos para proporcionar rigidez ao conjunto e evitar efeitos de flambagem. Há que se notar aqui a extrema delicadeza dos arcos

ogivais. Possuem uma seção em formato de 'I' que muito lembra os atuais perfis de aço maciçamente utilizados no mundo. As mesas são rebitadas nas almas uma vez que não existia, ainda, a tecnologia de ligas de aço e soldagem.

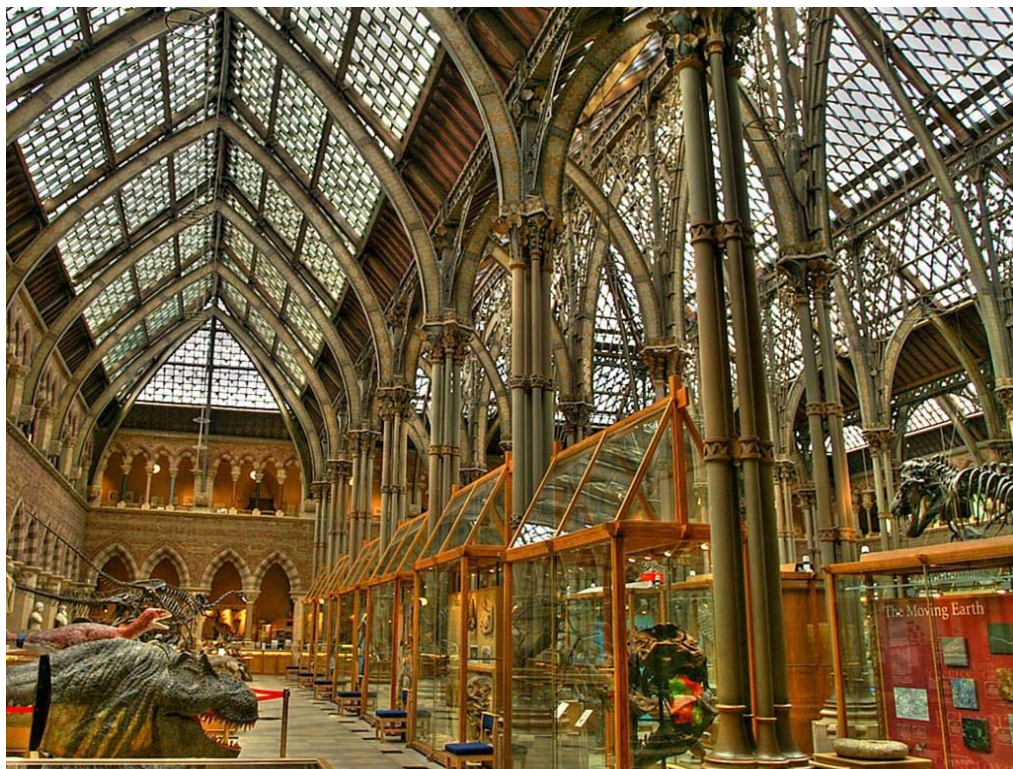


Figura 26: Vista Interna do Museu. Pilares e cobertura.
Fonte: Internet domínio público.

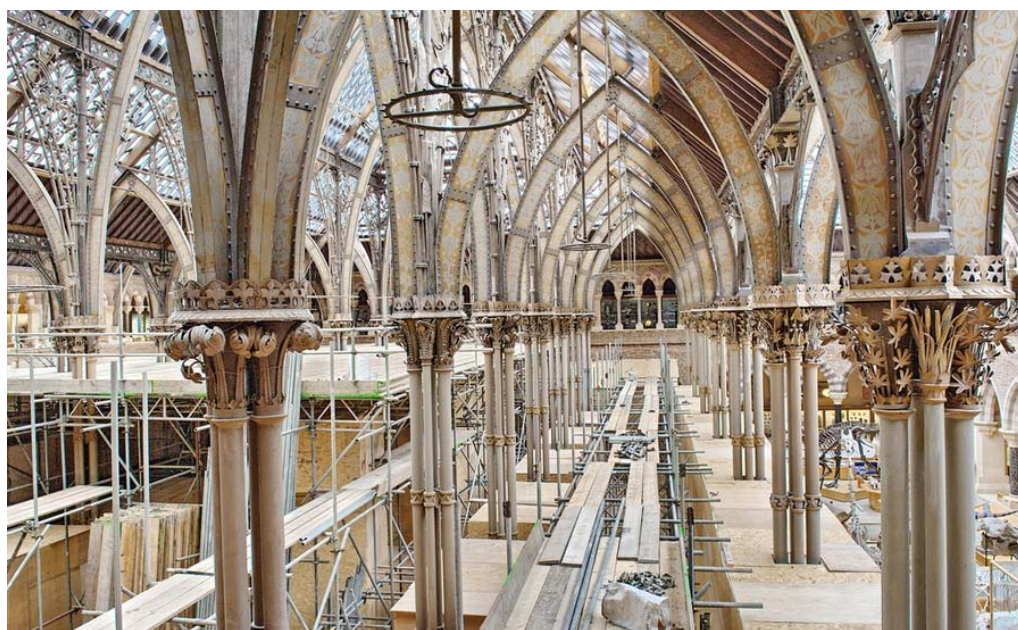


Figura 27: Detalhe dos arcos ogivais e de seu perfil. Museu em reforma.
Fonte: Internet domínio público.

Os planos de vidro acima dos arcos são na verdade gigantescas esquadrias de ferro que além de iluminarem os salões serviam também com contraventamento entre todos os arcos.

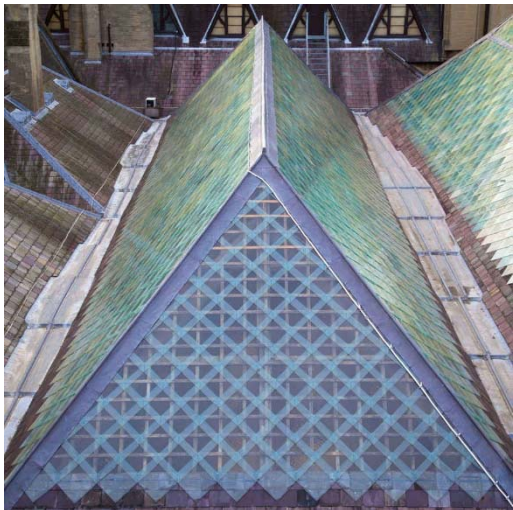


Figura 29: Detalhe da cobertura em ferro e vidro.
Fonte: Internet domínio público.



Figura 28: Detalhe da cobertura em ferro e vidro.
Fonte: Internet domínio público.

O museu e o projeto até os dias de hoje impactam pelo "delicado rebuscamento" dos ornamentos e pela estrutura delgada em ferro que explicita-se internamente no conjunto. O ferro foi aplicado corretamente dentro de sua melhor capacidade de resistência à época (tração). O aço tinha acabado de nascer.



Figura 31: Benjamim Woodward
Fonte: <<http://archiseek.com/2009/benjamin-woodward-1816-1861/#.VFZ32fmAFr0>>
Acesso em 02 de novembro de 2014.



Figura 30: Thomas Newenham Deane.
Fonte: <<http://www.familylink.com/person/Thomas-Newenham-Deane/47581041-1000085>> Acesso em: 02 de novembro de 2014.

5.2.2 Catedral Anglicana, Brasília, 1961

**Arquiteto Glauco Campello. Brasília, Brasil: 1961.
Arquitetura Modernista.**

Previamente e ainda sobre o exemplo de Oxford, há que se enfatizar que o autêntico gótico que correu na Alta Idade Média promoveu um imenso salto tecnológico e também criativo nas construções. Se analisarmos friamente uma catedral gótica deste período tem-se, em "resumo", uma estrutura ascendente constituída de contrafortes, arcos botantes, pilares, e outros que vai do chão até o ápice da altura, numa cumeeira reforçada por pináculos, torres, campanários.

Na Catedral anglicana de Brasília encontramos o mesmo triângulo básico, que não deixa de ser, afinal, vernáculo na Arquitetura desde os primórdios em que era definida por galhos secos, folhagens e couro de animais, passando pelas catedrais góticas até chegar ao modernismo (**Figura 32, Figura 33 e Figura 34**).

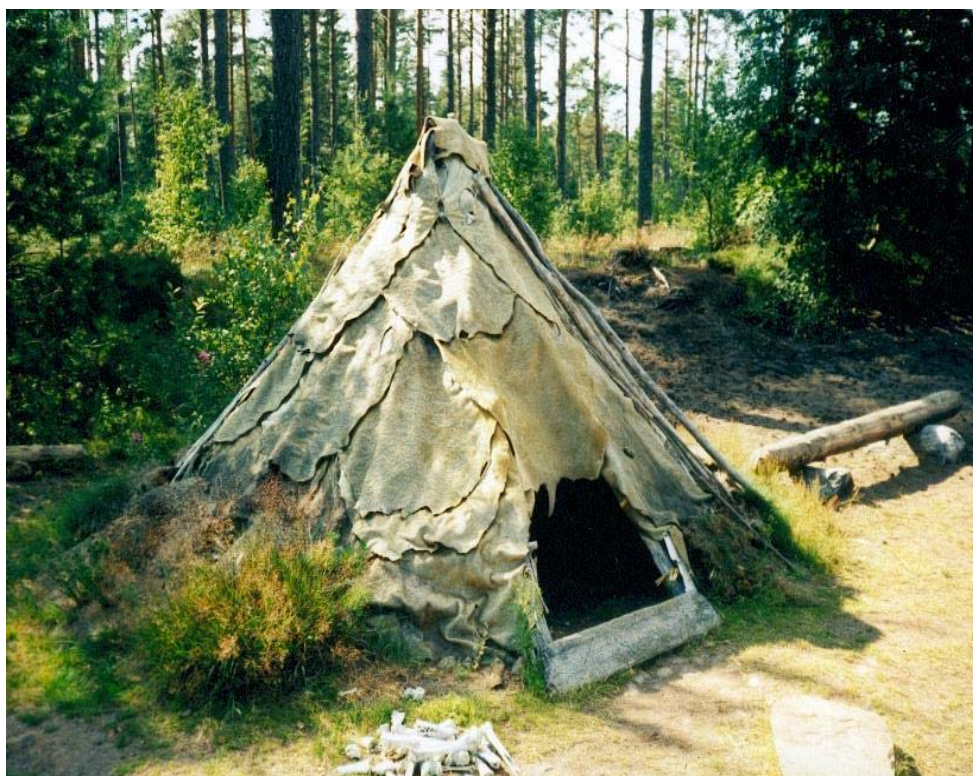


Figura 32: Tenda.

Fonte: <<http://www.vikings.pwp.blueyonder.co.uk/aland.html>>
Acessos em: 30 de outubro de 2014.

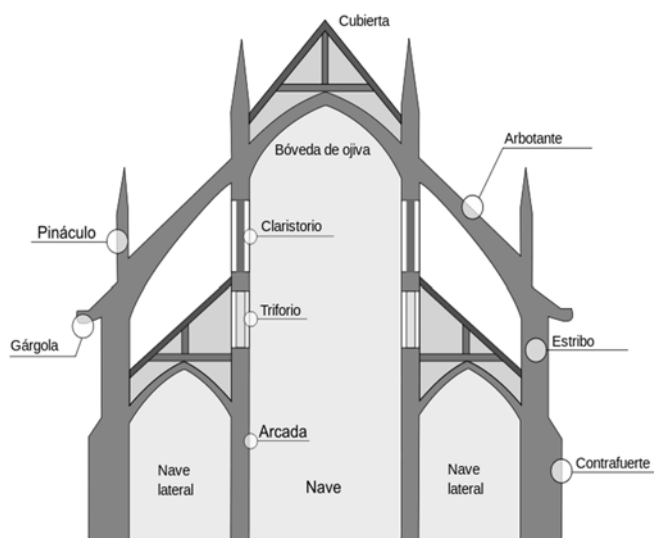


Figura 33: Esquema estrutural de uma catedral gótica.
 Fonte: <<http://commons.wikimedia.org/>> Acesso em: 30 de outubro de 2014.

Figura 34: Catedral de Chartres, 1145.
 Paris, França.
 Fonte: Internet domínio público.



Figura 35: Catedral Anglicana.
 Fonte: Imagem do Autor.

Glauco Campello, paraibano que teve importante passagem nos primórdios²⁷ de Brasília, é hoje aposentado do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, IPHAN, donde podemos talvez supor sua forte ligação com a História, com as soluções vernaculares simples; no caso da catedral, solução primorosa.

Eis a genialidade do projeto do arquiteto Glauco Campello: uma única peça de concreto em formato 'U' constituiu-se em viga, cobertura, esteio, caibro, e calha, praticamente todos os elementos primordiais de uma edificação (**Figura 37**). Com o partido definido agregou-se apenas a peça que serviu de vedação e de "laje" de cobertura. Estas peças na verdade são placas pré-moldadas de concreto que, além de verterem as águas pluviais para a grelha no piso, servem também de contraventamento das barras inclinadas. Além destas, foram estrategicamente colocados entre as vigas tirantes de aço em composição diagonal evitando giros indesejáveis (**Figura 36, Figura 37 e Figura 38**).



Figura 37: Detalhe da viga formato 'U' e das placas de concreto pré-moldadas. Fonte: Imagem do Autor.



Figura 36: Detalhe do tirante e contraventamento. Fonte: Imagem do Autor.



Figura 38: Detalhe do tirante e contraventamento. Fonte: Imagem do Autor.

²⁷ É também de autoria de Glauco Campello o pequeno "Hospital Sarah" a partir do qual foram realizadas as ampliações posteriores.

O par de barras inclinadas foi estabilizado em função da maneira pela qual foram conjugadas bem como pela seção adotada nas vigas. Isto equivale a dizer que há prevalência de **Seção Ativa** de acordo com as classificações adotadas por Engel (2001).

Numa primeira análise, não é tão simples compreender qual o sistema estrutural adotado mas observando-se rigorosamente os detalhes de junção e apoio das barras, pode-se concluir que trata-se de um sistema de pórtico tri articulado. O vértice ou cume formado pelas barras possui uma discreta junta que permite a articulação. As barras, por sua vez, são sutilmente apoiadas em pequenos arranques assentados e fixados no solo de modo a conter os empuxos horizontais. As paredes laterais que compõe a catedral e configuram o espaço interno não são portantes, ou seja, não auxiliam na estabilidade das vigas; tem a função exclusiva de vedação.

Há que se observar que o piso interno da catedral é rebaixado, donde as paredes laterais surgem de um pequeno arrimo. Não é demasiado recordar que o partido triangular pressupõe grande verticalidade porém "pouca altura nas laterais". Esta sábia atitude do arquiteto otimizou o espaço interno da nave.



Figura 40: Detalhe dos arranques dos apoios.
Fonte: Imagem do Autor.



Figura 39: Detalhe do rebaixamento da nave.
Fonte: Imagem do Autor.

O projeto evidencia-se pela simplicidade do partido e das soluções estruturais adotadas. Coerente com o programa arquitetônico, com os conceitos consagrados que pressupõe o projeto de uma catedral e com o contexto modernista vigente no

Brasil e no mundo, Glauco Campello sintetizou nessa obra de grande beleza que **partido e estrutura quando conscientemente concebidos geram excelentes resultados arquitetônicos.**

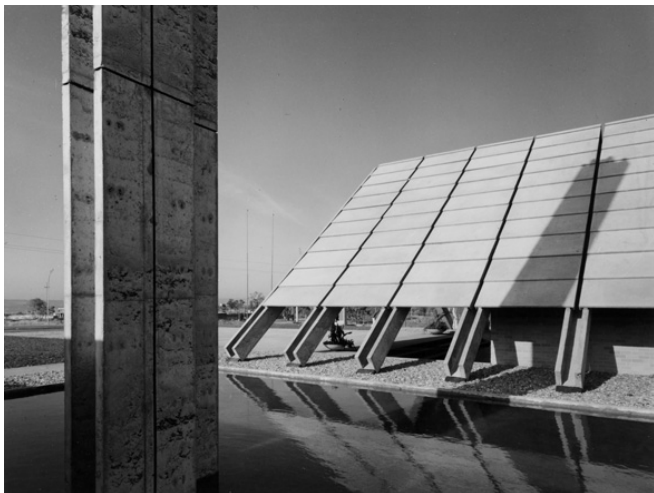


Figura 41: Catedral Anglicana.
Fonte: <<http://www.glaucocampello.com.br/projeto/378>>



Figura 43: Catedral Anglicana.
Fonte: <<http://www.glaucocampello.com.br/projeto/378>> Acesso em: 30 de outubro de 2014.



Figura 42: Construção Catedral Anglicana.
Fonte: <<http://www.senado.gov.br/noticias/especiais/brasil50anos/not17.asp>> Acesso em: 30 de outubro de 2014.



Figura 44: Catedral Anglicana.
Fonte: <<http://www.glaucocampello.com.br/projeto/378>> Acesso em: 30 de outubro de 2014.



Figura 45: Glauco Campello.
Fonte: <<http://arqpb.blogspot.com.br/2012/09/o-arquiteto-paraibano-que-construiu.html>> Acesso em: 30 de outubro de 2014.

5.2.3 Garagem de Barcos Clube Santa Paula, São Paulo, 1961

Arquitetos Vilanova Artigas e Carlos Cascaldi. São Paulo, Brasil: 1961. Arquitetura Modernista, Escola Paulista.

Uma "simples" cobertura espraia-se sobre dois arrimos laterais de modo muito claro e enfático na leitura de sua estrutura que por si só já define o projeto plástico e funcional. Uma única peça horizontal de concreto aparente cria os espaços: robusta, repousa sobre apoios pontiagudos propondo o diálogo entre o peso e a leveza, entre a solidez apoiada sobre vértices mínimos. Quase um jogo, uma aposta, uma "brincadeira" de Artigas, muito própria de um Modernismo em seu auge na metade do século XX, seguro de sua ousadia competente, ao modo de Oscar Niemeyer, concretizada na cúpula da Câmara dos Deputados ou no delgadíssimo "esqueleto" da Catedral de Brasília: apoios aparentemente "mínimos" - estabilidade resolvida, garantida com diferentes soluções.

O projeto final para a Garagem de Barcos do Clube Santa Paula é sem dúvida a obra mais singular da trajetória de Vilanova Artigas, um resultado único onde um alto grau de experimentação estrutural e formal é aplicado a um edifício relativamente pequeno, de programa muito simples e com poucas limitações de terreno - uma combinação que vai lhe oferecer a possibilidade de lidar com muito poucas restrições e ampla margem para o arbítrio, que ele aproveita plenamente numa proposição extremamente criativa e única" (ZEIN, 2005 p. 144).



Figura 46: Garagem de Barcos do Clube Santa Paula.

Fonte: <<http://www.archdaily.com.br/br/01-142684/classicos-da-arquitetura-santa-paula-iate-clube-vilanova-artigas/>> Acesso em: 30 de outubro 2014.

Dois grandes sistemas de pórticos conjugados, isto é, duas grandes vigas longitudinais protendidas de 70 metros com quatro apoios cada uma sustentam um jogo de vigas transversais espaçadas a cada 1 metro, aproximadamente, bem como as lajes da cobertura num desenho de um retângulo alongado na proporção aproximada de 1/5. O tramo central possui 30 metros e, simetricamente à ele, mais um tramo de 10 metros e um balanço de 10 metros que afina-se no desenho até as extremidades (**Figura 47, Figura 48 e Figura 49**).

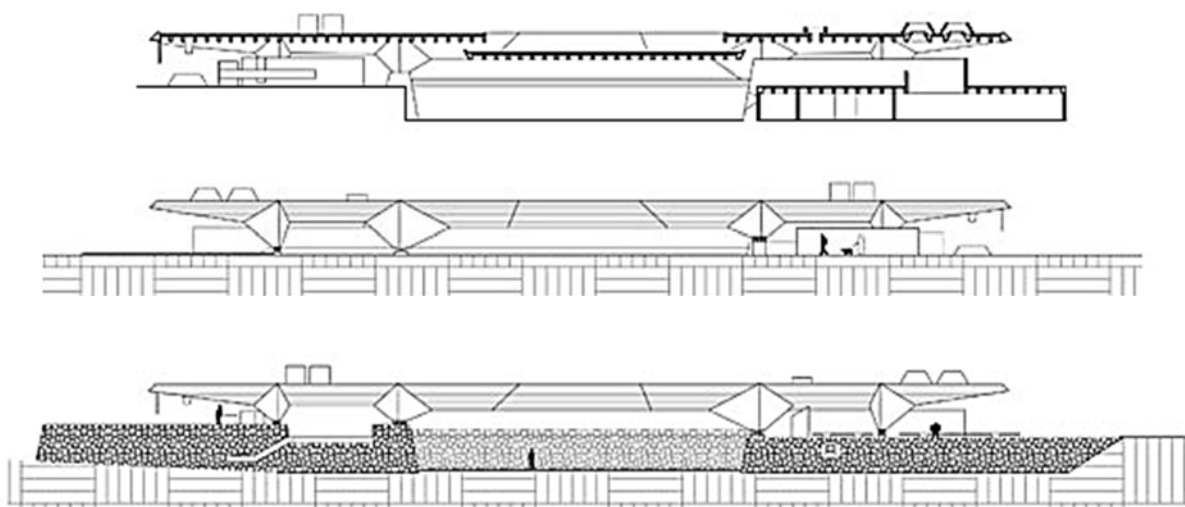


Figura 47: Corte e Fachadas.

Fonte: < <http://www.archdaily.com.br/br/01-142684/classicos-da-arquitetura-santa-paula-iate-clube-vilanova-artigas/> Acesso em: 30 de outubro de 2014.



Figura 48: Detalhe dos pórticos conjugados - viga.

Fonte: <<http://www.archdaily.com.br/br/01-142684/classicos-da-arquitetura-santa-paula-iate-clube-vilanova-artigas/>> Acesso em: 30 de outubro de 2014.



Figura 49: Detalhe dos pórticos conjugados - viga.

Fonte: <<http://www.archdaily.com.br/br/01-142684/classicos-da-arquitetura-santa-paula-iate-clube-vilanova-artigas/>>
Acesso em: 30 de outubro de 2014.

Cada grande viga possui 04 apoios de formato triangular; todos os apoios são articulados e repousam sobre rótulas de aço de desenho variado que, além de aliviarem os esforços da fundação, promoveram um elo inusitado de transição entre a grande massa brutalista longilínea e o solo (embasamento).



Figura 50: Detalhe das rótulas.

Fonte: <<http://www.archdaily.com.br/br/01-142684/classicos-da-arquitetura-santa-paula-iate-clube-vilanova-artigas/>>
Acesso em: 30 de outubro de 2014.



Figura 51: Detalhe das rótulas.

Fonte: <<http://www.archdaily.com.br/br/01-142684/classicos-da-arquitetura-santa-paula-iate-clube-vilanova-artigas/>>
Acesso em: 30 de outubro de 2014.



Figura 52: Detalhe do apoio.

Fonte: <<http://www.archdaily.com.br/br/01-142684/classicos-da-arquitetura-santa-paula-iate-clube-vilanova-artigas/>>
Acesso em: 30 de outubro de 2014.

Ruth Verde Zein em sua tese de doutorado que organiza um panorama das principais características da escola brutalista paulista, sobre a Garagem de Barcos explicita que "[...] a cobertura apenas apoia-se, com total independência estrutural, no 'chão qualificado' conformado pelos muros e por apoios que poderiam ser interpretados como fundações afloradas" (2005 p. 145).

A cobertura, na verdade, constitui-se em 03 grandes lajes com alturas diferentes sendo que a laje central encontra-se rebaixada em relação às lajes das extremidades. Esta decisão conferiu luz natural ao pavimento inferior (cota da represa) onde se encontra o depósito de barcos e ainda uma melhor circulação da ventilação natural.



Figura 53: Garagem de Barcos do Clube Santa Paula.

Fonte: <<http://www.archdaily.com.br/br/01-142684/classicos-da-arquitetura-santa-paula-iate-clube-vilanova-artigas/>> Acesso em: 30 de outubro de 2014.

O projeto de arquitetura foi viabilizado de um modo muito claro, direto e objetivo por meio da estrutura escancarada. É possível imaginar os usuários da época contemplando a grande cobertura que incrivelmente descarrega todo o seu peso em "pequenas peças de metal".

Neste momento, um exercício de abstração muito relevante com relação ao projeto e ao contexto da época faz-se necessário: a solução de Artigas para a garagem de barcos é certamente um projeto brutalista mas, ao mesmo tempo, tem a leveza de uma bailarina cuja saia horizontal flutua sobre as pontas de suas sapatilhas. Como poderia "ser" brutal e ao mesmo tempo delicado? Não convém aqui discussões aprofundadas sobre o tema mas o dilema está coerente com o caráter essencial do movimento brutalista²⁸, o qual empenhava uma arquitetura despojada de revestimentos, adequada aos materiais, em concreto aparente e cujas relações funcionais poderiam ser imediatamente perceptíveis.

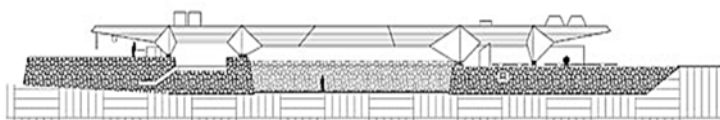
Qual seria a "imagem estrutural" que remete a bailarina em sua dança leve e sensual? A despeito de ter que, delicadamente, equilibrar e sustentar sua massa e seu próprio peso podemos imaginar seus braços longilíneos como sendo a linha horizontal superior do edifício formado pelas duas lajes que terminam nos balanços afunilados. A saia espraiada na horizontal como sendo a laje inferior central do depósito de barcos - as duas lajes mais elevadas (os braços) flutuam sobre a cobertura central (a saia). As pernas remetem aos "pilares dançantes" apoiados nas pontas das sapatilhas cujas extremidades são enrijecidas com gesso. Estes sólidos vínculos das sapatilhas, as rótulas metálicas (**Figura 54**).

²⁸ Termo introduzido por Le Corbusier e mais tarde pelos Smithsons na Inglaterra.



Figura 54: A bailarina e o edifício.

Fonte: <<http://www.netcampos.com/noticias-campos-do-jordao/2009/08/xii-new-fest-dance-acontece-entre-13-e-23-de-agosto-em-campos-do-jordao.html>> Acesso em: 30 de outubro de 2014.



Vilanova Artigas é, sem dúvida, um dos grandes expoentes da arquitetura modernista brasileira e protagonista da "escola paulista". Foi também teórico da arquitetura, vanguardista e possuidor de uma carreira acadêmica e produção intensa durante toda a sua vida. Na oportunidade da Garagem de Barcos do Clube Santa Paula refina as possibilidades e condicionantes do projeto arquitetônico em soluções estruturais objetivas e altamente conscientes. **Indubitavelmente, ficou evidenciado o seu domínio sobre os conceitos estruturais e de que forma, quando e como aplicá-los no projeto.** Assim também atuavam os arquitetos Oscar Niemeyer, Afonso Eduardo Reidy, Sérgio Bernardes e tantos outros, exemplo que deve ser seguido pelos arquitetos atuais.



Figura 55: Vilanova Artigas.

Fonte: <<http://www.caubr.gov.br/?p=25462>> Acesso em 02 de novembro de 2014.

5.2.4 Casa Ludwig Erhard, Berlim, 1998

Arquitetos Nicholas Grimshaw e Partners. Berlim, Alemanha: 1998. Arquitetura Contemporânea.

Este exemplo traz em seu bojo a complexidade da arquitetura contemporânea e o correspondente avanço das tecnologias construtivas. Foi escolhido no sentido de enfatizar o fato de que mesmo diante das "facilidades" e do aparato tecnológico, o arquiteto tomou partido do "velho e bom arco" como o desenho norteador do edifício. "Este é um exemplo de uso de arcos bastante convencional, no qual os arcos são espaçados regularmente e alinhados verticalmente" (CHARLESON, 2009 p. 36).



Figura 56: Casa Ludwig Erhard, Berlim, 1998.

Fonte: <<http://grimshaw-architects.com/project/ludwig-erhard-haus/>>
Acesso em: 02 de novembro de 2014.

Isto implica dizer que evoluiu-se na qualidade dos materiais e em novas possibilidades plásticas mas pouco em inovações de sistemas estruturais. Pode-se inferir que, basicamente, a arquitetura evoca soluções estruturais baseadas

em situações de compressão ou tração. Elementos verticais ou inclinados necessariamente devem descarregar as forças no solo. Não existe outro caminho. Não existe a possibilidade, até o momento, de que estas forças sejam descarregadas no espaço sideral. Ligados à eles estão os planos horizontais que podem estar sobre estes elementos e, portanto, forçando-os à compressão ou sob estes submetendo-os à tração. A gravidade da terra impõe limites e dificuldades para novas invenções. Materiais como o concreto, o aço, a madeira e os polímeros ainda são os atores da construção civil no mundo e, ao que parece, assim permanecerão por muito tempo.

Os elementos químicos são os mesmos. Todos provieram da natureza. No caso do ferro, por exemplo, há que se caminhar muito tecnologicamente para se atingir a totalidade da capacidade de resistência de seus cristais, contudo, é certo que este dia chegará. Assim sendo, os acréscimos na altura dos edifícios, os avanços nos balanços, os comprimentos dos cabos, dentre outros, em determinado momento terão um limite bem definido.

A decisão pelo arco não pormenoriza o prédio, muito pelo contrário, eleva o edifício e o projeto a uma categoria especial que utiliza os sistemas estruturais clássicos, milenarmente utilizados, como ênfase da programação arquitetônica. Trata-se de uma atitude corajosa num mundo em que se prima demasiadamente pelo choque da aparência a despeito do conteúdo e da verdade arquitetônica. "Os arcos também oferecem uma síntese potencial entre forma arquitetônica e estrutural" (CHARLESON, 2009 p. 36).

O programa do edifício pressupôs o funcionamento da Bolsa de Valores de Berlim, da Câmara do Comércio, da Federação das Indústrias e de salas para escritórios; deveria ser autofinanciável, condicionante este que muito influenciou todo o processo projetual. O orçamento foi rígido e extremamente controlado. Outras diretrizes exigidas foram o baixo consumo de energia, baixos custos de manutenção e baixos níveis de emissão

de poluentes, ou seja, deveria estar ancorado nos princípios básicos de sustentabilidade.

O terreno detinha formato irregular em função de uma pequena rua adjacente forçando a "implantação ortodoxa" que acompanhou o contorno da cidade. O gabarito local preconizava uma cota de coroamento não muito elevada induzindo a uma projeção com o máximo de ocupação permitida de modo a viabilizar financeiramente o empreendimento.

O edifício possui 05 pavimentos principais além do térreo e na altura maior dos arcos acrescentou-se mais 02 pavimentos. Estes pavimentos (lajes) por sua vez são sustentados por um jogo de 15 arcos metálicos elípticos que promoveram maior flexibilidade tanto para o uso quanto para a manutenção.



Figura 57: Vista aérea da Casa Ludwig Erhard.
Fonte: Internet domínio público.

Dois átrios permitem a penetração de luz natural no interior do edifício e são circundados pelas salas de escritórios e por 03 elevadores panorâmicos que mais parecem "cápsulas espaciais com destino aos céus".

Há que se destacar a relação do partido arquitetônico com o programa de necessidades. Um elo muito pertinente e poderoso entre edifício e empreendedores ali foi criado.

O arco, elemento estável, robusto e tradicional, impõe o apelo de segurança necessário ao conjunto; é o elemento chave do projeto. No mesmo viés encontram-se as instituições e os órgãos que viabilizaram a construção; desempenham atribuições econômico-financeiras e, sem sombra de dúvidas, pretendem desenvolver-se em um panorama capitalista o mais seguro e estável possível.



Figura 58: O arco, elemento estável.
Fonte: Internet domínio público.

Se ao contemplar o edifício pela ótica da cidade percebe-se os conceitos de solidez e segurança, ao mesmo tempo

internamente, o caráter e a evocação futurista dão o tom. Ao adentrar-se pelo átrio tem-se a impressão de um contexto espacial, pois faz uso da linguagem *high tech* com uma extrema sofisticação visual. É o vislumbre de um "futuro melhor e qualificado" em que as atividades humanas funcionariam de maneira organizada e metódica graças ao desenvolvimento do capitalismo e da ciência cada vez mais tecnológica.

É a necessidade de exortação da capacidade econômica e produtiva do sistema capitalista predominante no mundo, fruto da racionalidade humana.

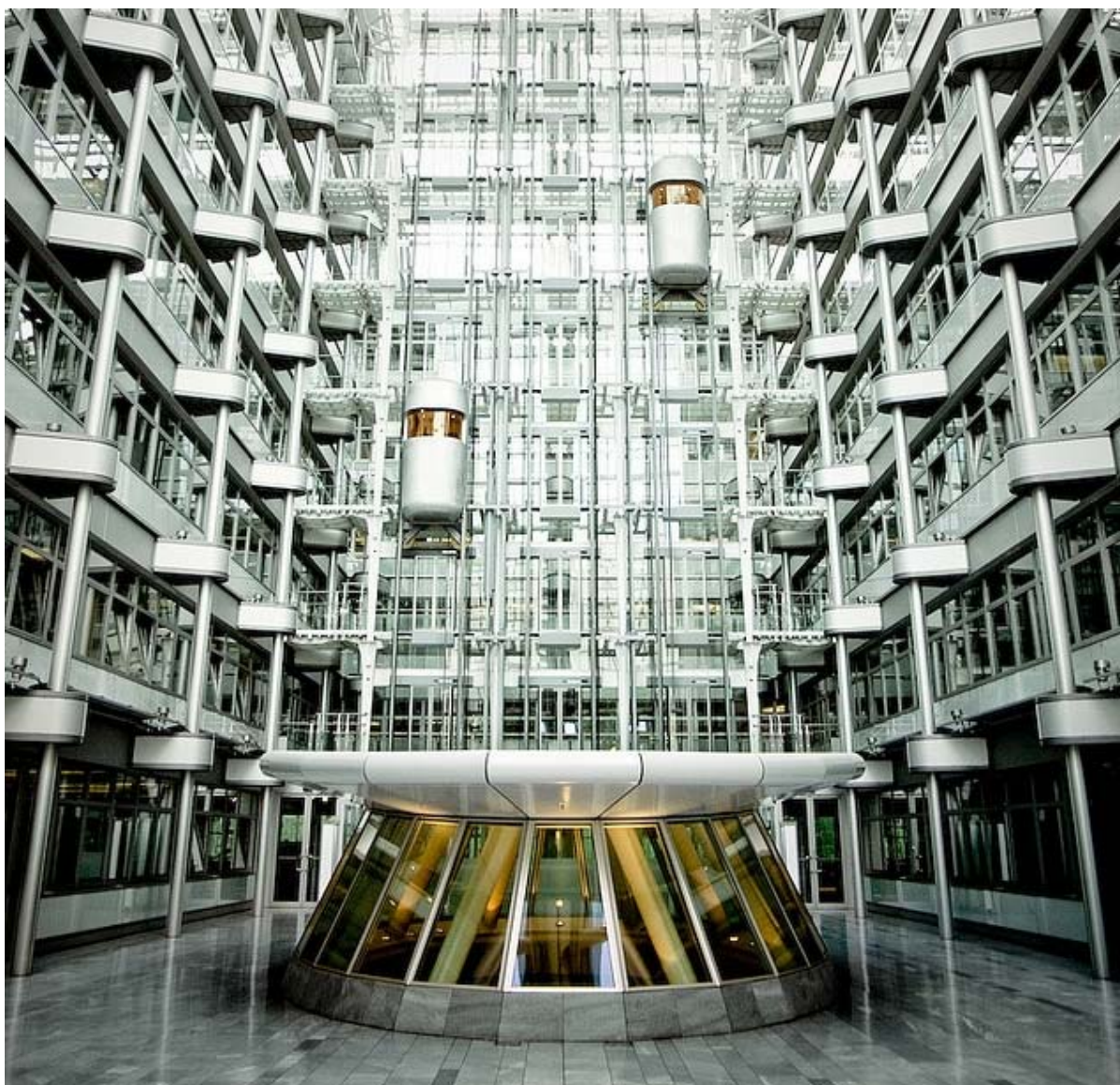


Figura 59: Átrio, vista interna.
Fonte: Internet domínio público.

O edifício possui o sistema estrutural em aço. Nitidamente, é possível perceber que os arcos são os elementos que encaminham as forças até o chão e, portanto, estão sendo solicitados essencialmente à compressão. O conjunto passa a impressão de um enorme "ser vivo", um "bicho" que sustenta o seu corpo por meio de 30 "patas" apoiadas no solo. Estas patas na verdade são vínculos articulados. Estes vínculos permitem que a estrutura "trabalhe" com mais liberdade adequando-se às cargas acidentais, dilatações, forças do ventos, etc.

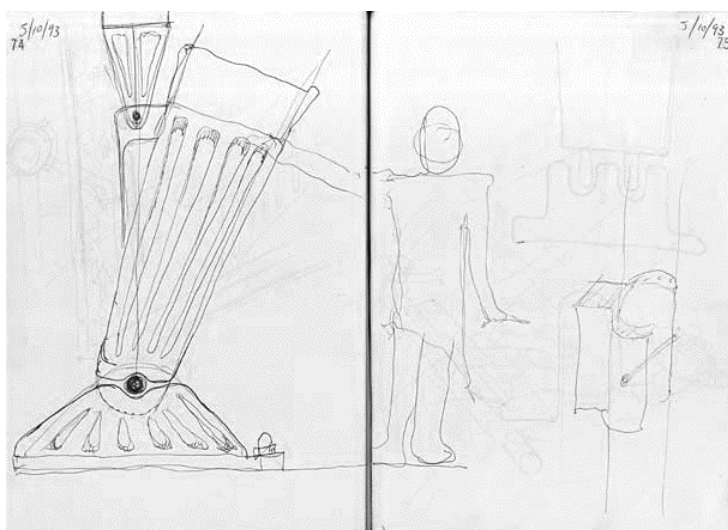


Figura 60: Desenho do arquiteto. Concepção dos apoios articulados.
Fonte: Internet domínio público.



Figura 62: Detalhe do apoio articulado.
Fonte: Internet domínio público.

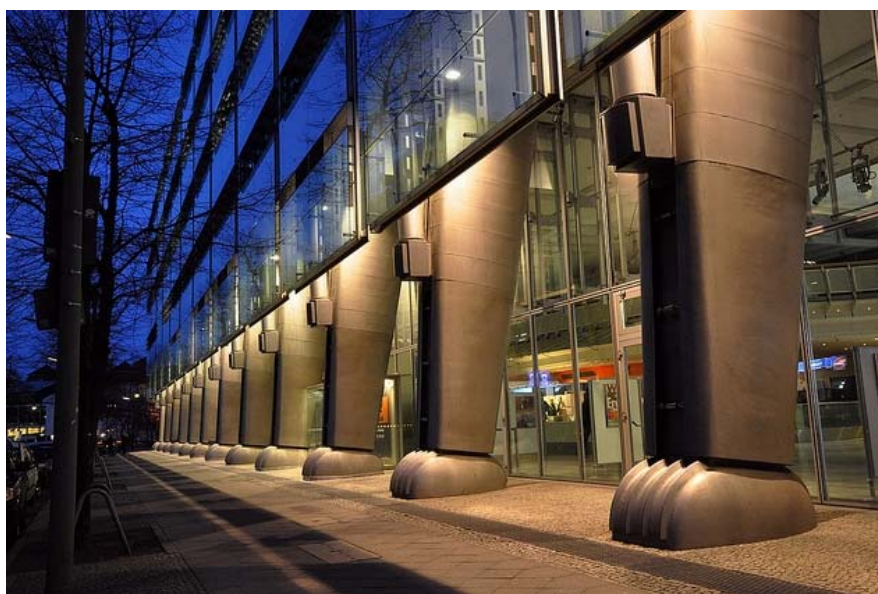


Figura 61: Detalhes dos apoios dos arcos.
Fonte: Internet domínio público.

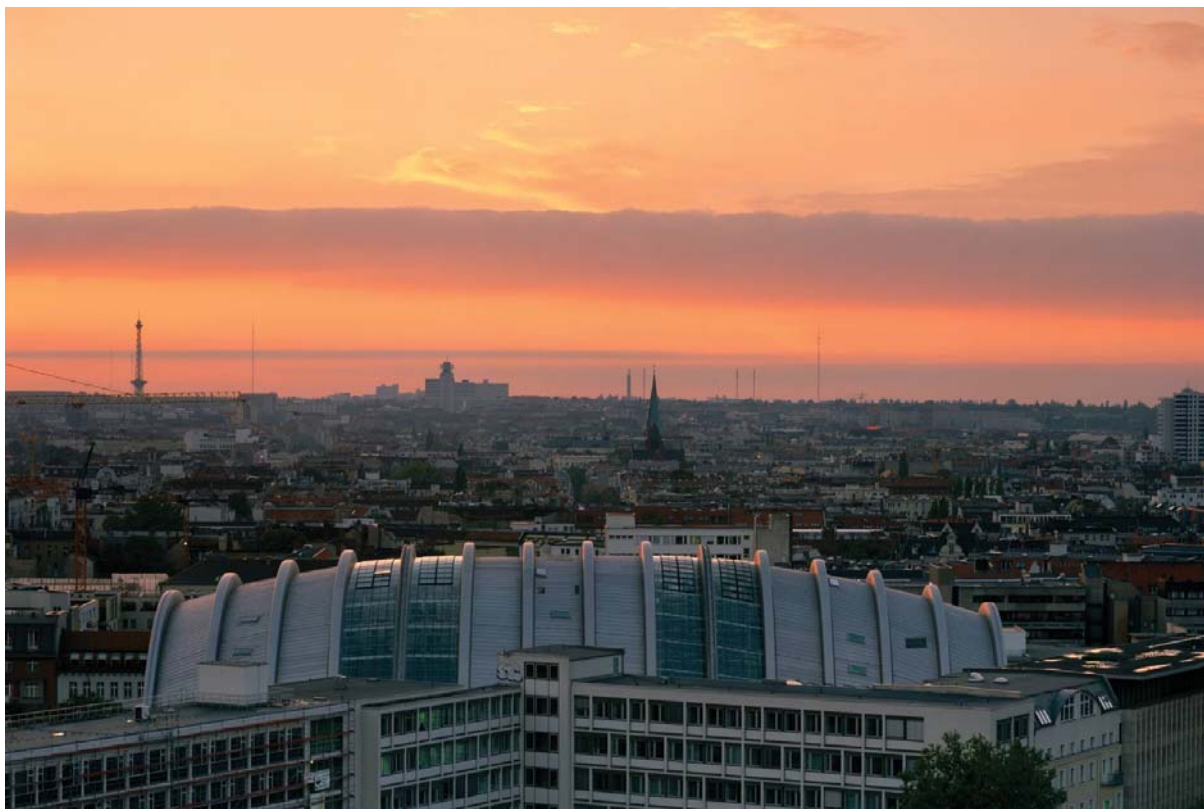


Figura 63: "O ser vivo", "o tatu", "o bicho" semiescondido na paisagem urbana.

Fonte: <<http://grimshaw-architects.com/project/ludwig-erhaud-haus/>> Acesso em: 03 de novembro de 2014.

Em uma das fachadas do edifício, mais especificamente a fachada que dá para a rua principal, as lajes encontram-se avançadas para além da circunscrição dos arcos provavelmente para otimização de áreas úteis (**Figura 64**). Esta decisão exigiu dos arquitetos e dos engenheiros uma adaptação muito interessante para a sustentação desses avanços que, para um leigo, pode passar despercebida. Os pavimentos situados abaixo dos arcos são sustentados por tirantes metálicos que atuam baseados na tração. Estes cabos solicitam os arcos a trabalharem basicamente à compressão, ou seja, na melhor de suas características. Como dito anteriormente, os pavimentos em uma parcela do prédio trespassam os arcos e sendo assim não puderam ser atirantados. A decisão adotada foi a inserção de uma barra circular que apoia-se próximo à base dos arcos também por intermédio de um vínculo articulado. Este pilar (**Figura 65**) é suficientemente rígido para suportar os esforços de compressão.

O contraventamento dos arcos é proporcionado pelas lajes que permeiam todas as quinze unidades (**Figura 64 e Figura 66**).



Figura 64: Detalhe do sistema estrutural explícito na construção do edifício.
Fonte: Internet domínio público.



Figura 65: Detalhe da barra apoiada sobre o arco.
Fonte: Internet domínio público.



Figura 66: Detalhe dos tirantes sob o arco e da barra que sustenta os pavimentos avançados.
Fonte: Internet domínio público.

É possível se fazer uma "analogia reversa" entre o edifício de Grimshaw com o projeto de Renzo Piano e Richard Rogers para o Centro Nacional de Arte e Cultura Georges Pompidou, de 1971 na França. No Centro, a estrutura, as instalações e as circulações ficam totalmente expostas envolvendo todo o núcleo do edifício; internamente houve uma compensação da profusão inicialmente percebida.

O exemplar de Berlim apresenta-se de modo contrário. A massa construída encontra-se compacta e bem definida, porém ao se adentrar o bloco explicitam-se "as entranhas" do edifício. Por meio de um diálogo mais direto e franco, uma abundância de elementos de caráter futurista declara as faces de um futuro sedutor, isto é, apresenta um panorama promissor passível de ser alcançado.

Em resumo, no projeto da Casa Ludwig Erhard, Nicholas Grimshaw acertadamente consegue materializar o conceito central que foi exigido pelos empreendedores.

O prédio "impõe-se" na cidade respeitosamente sem atravessar a fronteira do exorbitante. Chama a atenção pela solução estrutural, pela cobertura e revestimentos na cor metálica prateada bem como pelo arrojado dos pavimentos que desconstróem, em certa maneira, o paradigma dos arcos. Priorizou a elegância.



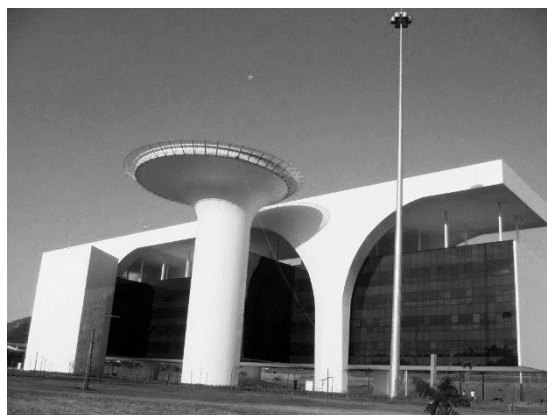
Figura 67: Nicholas Grimshaw.

Fonte: <<http://www.cemusa.com/cemusa/nuestros-disenos/los-mejores-expertos/nicholas-grimshaw/index.html?lang=BR>> Acesso em: 04 de novembro de 2014.



Figura 68: O átrio, os pavimentos e os tirantes.
Fonte: Internet domínio público.

Figura 69: Centro Administrativo de Belo Horizonte, Oscar Niemeyer.
Fonte: www.panoramio.com
Créditos: Marcelo D.



Um dos elementos estruturais mais significativos para os arquitetos projetistas e para a arquitetura contemporânea, é a **barra**. É um elemento que apresenta grandes possibilidades estruturais. Dependendo de suas dimensões, pode ser rígida ou não. Quando flexível constitui-se em um cabo, geralmente de aço, que resiste muito bem aos esforços de tração. Quando rígida, constitui-se em pilar ou em viga. O pilar é uma barra utilizada verticalmente que serve como suporte (apoio) para vigas, lajes ou outros pilares. A **viga** é uma barra rígida que pode ser utilizada horizontalmente ou inclinada. É um elemento extremamente versátil que, predominantemente, é utilizado na direção horizontal permitindo o vencimento de vãos para que sejam instalados sobre ele coberturas, pisos, passarelas, muros ou pontes e, sob ele, efetuam-se os mais variados e distintos usos.

Heino Engel (2001 p. 172) especifica que

Os elementos lineares, retos e fixos em seu comprimento constituem meios geométricos para definir planos e estabelecer relações tridimensionais por sua posição no espaço. Os elementos lineares retos podem determinar eixos e dimensões: comprimento, altura e largura. **Por essa propriedade, os elementos lineares são requisito prévio para a definição geométrica do espaço tridimensional.** [...] As vigas são elementos estruturais retos, resistentes à flexão, e que não só são capazes de resistir às forças que atuam na direção de seu eixo, mas também por meio de esforços seccionais, suportar forças perpendiculares a seu eixo e transmiti-las lateralmente ao longo do mesmo até seus extremos. As vigas são elementos básicos dos sistemas estruturais de seção ativa [grifo nosso].

Pode-se afirmar com segurança que a viga é o elemento preponderante na construção civil. Neste sentido, ainda na década de 70, mais uma vez Engel explicita que "Por causa de sua capacidade de transferir as cargas lateralmente e ainda manter-se no espaço horizontal, o que é muito conveniente para o fechamento tridimensional do espaço, a viga é o elemento estrutural mais usado na construção de edifícios" (2001 p. 172).

É possível, através da história, provocar uma analogia de "evolução" da viga perante outros sistemas estruturais tais como as coberturas naturais das cavernas e os arcos, ou seja, as vigas

convencionais presentes hoje na maioria das edificações do mundo, conceitualmente, são um desdobramento da cobertura das cavernas, dos lintéis primitivos, dos arcos primitivos, dos arcos clássicos, dos pórticos e dos arcos abatidos. Instrutivamente, não é complexo imaginar-se a "evolução" de uma barra dobrada ou envergada que, ao longo do tempo, progressivamente vai se abatendo e tornando-se retilínea, conforme a figura abaixo. Estas comparações demonstraram-se muito relevantes no sentido de corroborar a escolha da viga, recorte deste trabalho.

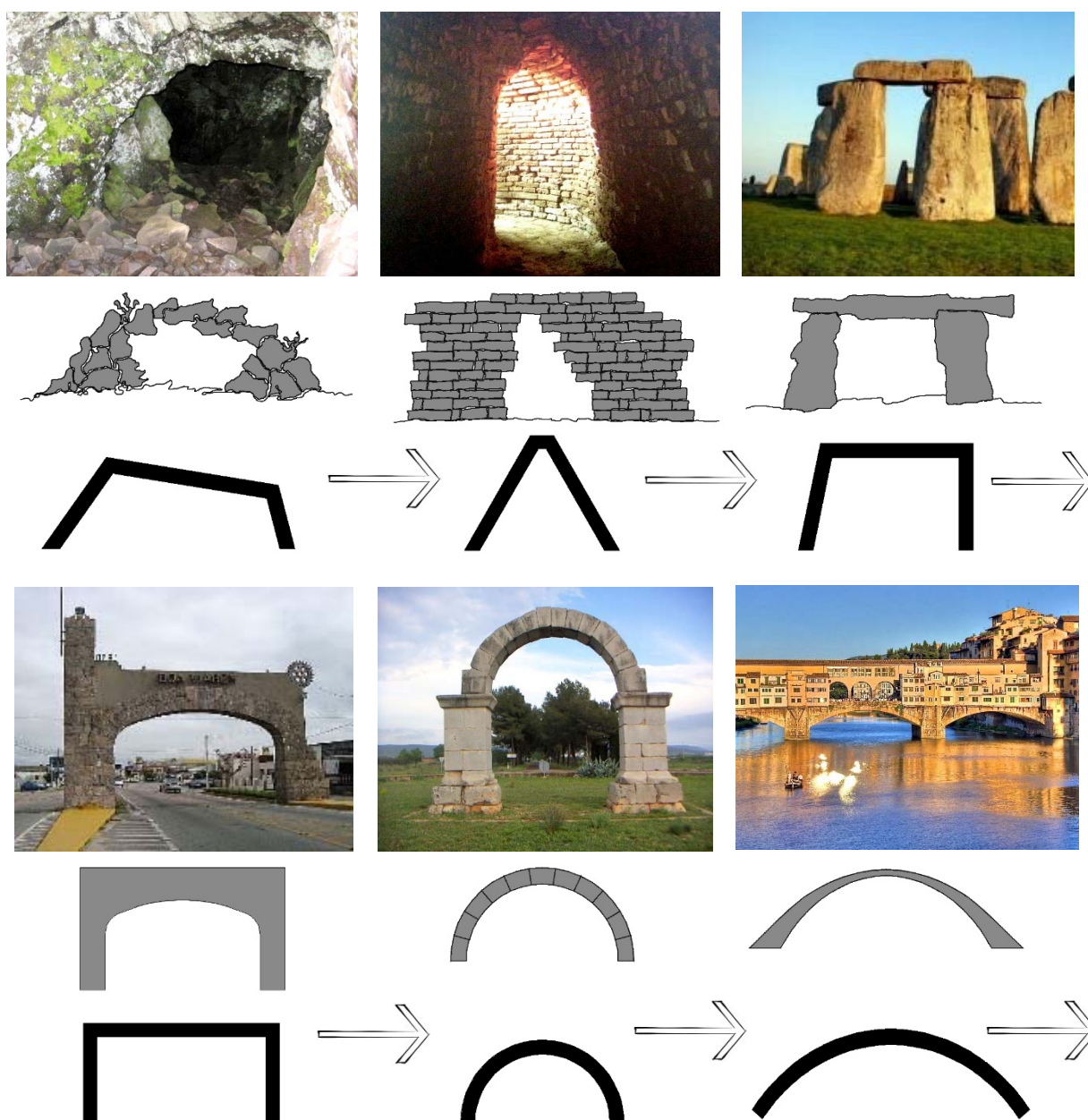


Figura 70: A "evolução da viga".

Fonte: Desenho do autor; Imagens: Internet domínio público.

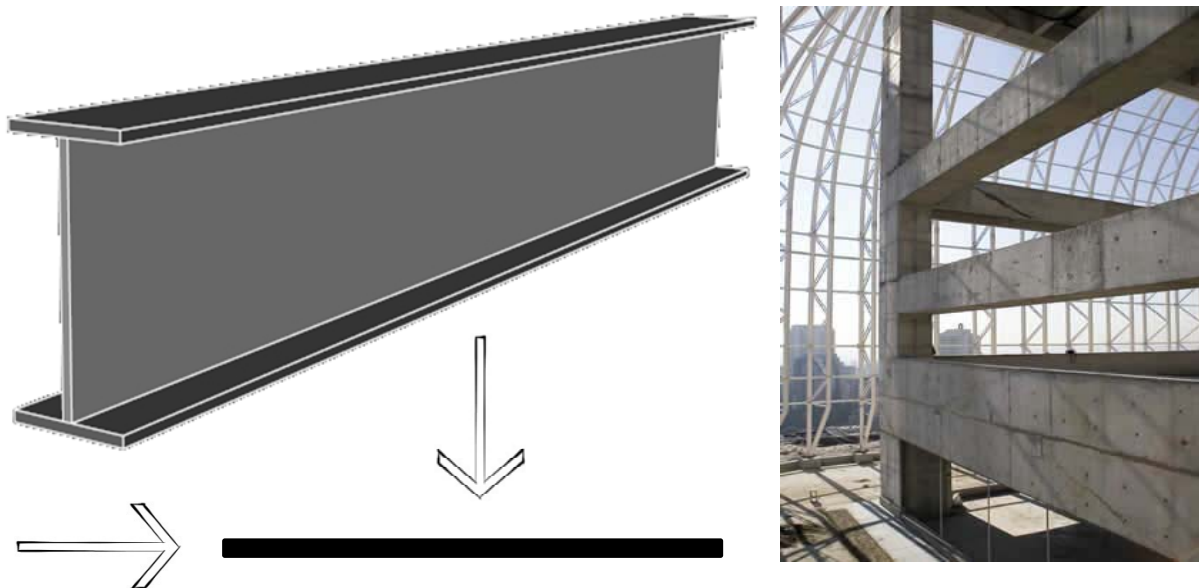


Figura 71: "A viga Versátil".

Fonte: Desenho do Autor; Imagens: Internet domínio público.

Mais à frente, dois edifícios, o primeiro em Paris e o segundo em Brasília, serão objeto de estudo de caso onde a viga será o elemento central da análise. Neste momento, cabe o entendimento de que as vigas são os elementos que viabilizam os planos das edificações, as coberturas, as lajes e os pisos. Apresenta-se como o elemento chave da maior parte das edificações mormente neste trabalho na medida em que se pretende estabelecer critérios para o seu pré-dimensionamento, qualificando o projeto arquitetônico, racionalizando o projeto estrutural e promovendo a integração entre arquitetura e estrutura.

Nos tempos remotos, em razão da ausência de conhecimentos sobre a resistência dos materiais, as vigas não puderam ser largamente utilizadas. Diante disto, eram confeccionadas peças monolíticas feitas de pedra (lintéis²⁹) que trabalhavam bem à compressão, porém, eram altamente frágeis (quebradiças) quando solicitadas à tração. Esta característica, fez com que as vigas de pedra possuíssem pouco mais de alguns metros de comprimento exigindo apoios muito próximos uns dos outros para poder sustentá-las.

²⁹ Viga primitiva utilizada para estabilizar a parte superior das aberturas e passagens. Atualmente, equivale-se à verga.

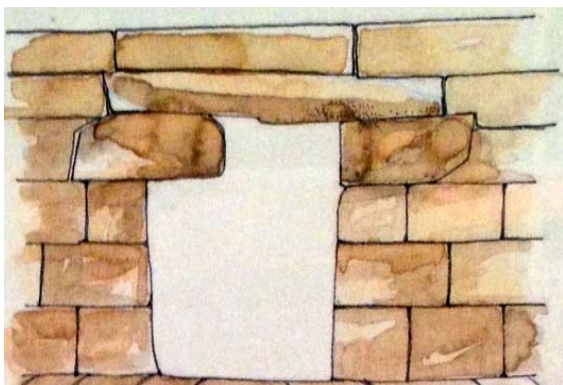


Figura 72: Lintel.
Fonte: (CUNHA, 2009a).



Figura 73: Lintel Stonehenge.
Fonte: Internet domínio público.

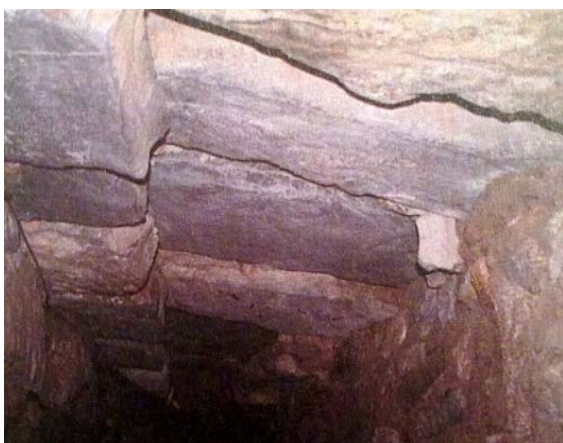


Figura 74: Lintel.
Fonte: (CUNHA, 2009a).

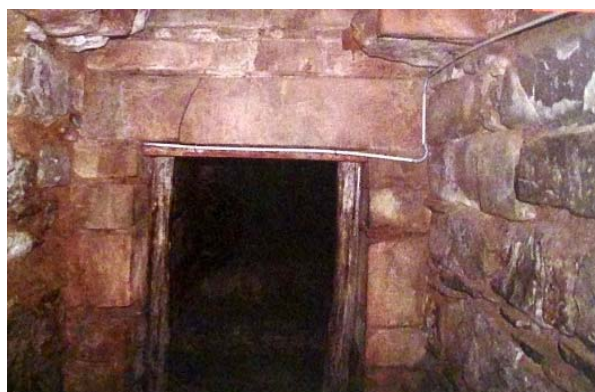


Figura 75: Lintel.
Fonte: (CUNHA, 2009a).

O desafio em utilizá-la provém do fato de que a viga é o elemento mais racional e versátil para o vencimento de vãos no que diz respeito ao aproveitamento de espaços cobertos. A exemplo disto, pode-se tomar uma situação em que duas pessoas possuem uma barra de madeira idênticas e que farão uso distinto delas. A primeira fará uso da barra como viga e a outra como pilar. Não é complexo deprender que a viga possibilitará uma gama muito maior de soluções espaciais e de uso do que o pilar. Se apoiada entre duas árvores poderá constituir-se em cumeeira para uma cobertura de folhagens ou para o suporte e cocção de alimentos. Se apoiada sobre as margens de um riacho poderá servir como passarela ou ponte viabilizando a descoberta de locais até então inacessíveis.

A maioria dos edifícios são configurados com uma geometria de eixos paralelos e ângulos ortogonais. A disposição quadrática (ortogonal) é a que melhor aproveita o espaço arquitetônico otimizando a utilização dos espaços e facilitando o desempenho das funções.



Figura 76: Vigas do Masp, São Paulo.

Aparentemente apresentam-se como um sistema de Pórtico mas na verdade são vigas bi apoiadas e articuladas. Fonte: Internet domínio público.

Na arquitetura, do ponto de vista da criação dos espaços vazios, a viga é considerada o elemento estrutural mais importante em qualquer edificação comum. Seu uso é mais amplo que os demais elementos estruturais como os blocos e as lâminas.

Para os arquitetos, a viga é sempre um ponto determinante do projeto. Sua função é a de possibilitar a utilização dos planos horizontais, ou seja, fazer com que os pisos e coberturas do edifício possam existir e neles o desempenho de diversas funções e atividades humanas.

Para a engenharia, a viga é uma barra em que uma de suas dimensões, o comprimento, predomina em relação às outras duas, largura e altura da seção transversal capaz de suportar esforços de tração e compressão simples encaminhando e conduzindo as

forças horizontais para descarregá-las nos pilares e posteriormente descarregá-las no solo (REBELLO, et al., 2006).

De acordo com Engel (2001), a viga é um elemento de seção ativa em que os esforços externos são transmitidos por meio da massa da seção (forças seccionais).

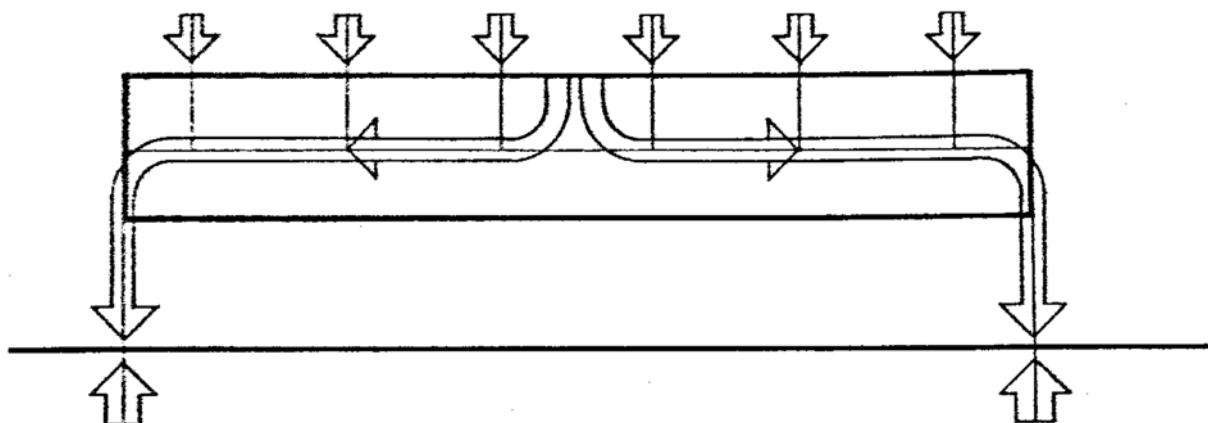


Figura 77: A Viga e o caminho das forças: elemento de estrutura de seção ativa.
Fonte: (ENGEL, 2001).

Nas edificações de um modo geral, os esforços de momento fletor são os mais atuantes nas vigas. Não havendo a presença considerável de vetores horizontais sobre ela aplicados, as vigas trabalham à flexão simples. Simplificadamente, sua função é a de absorver e conduzir as cargas permanentes ou acidentais, distribuídas ou concentradas atuantes no edifício.

Nos arcos as forças caminham mais direta e naturalmente até os apoios diferentemente das vigas que atuam como um necessário desvio horizontal das forças agravando o fenômeno da flexão. Pode-se dizer que a viga não atua plenamente contra os esforços de flexão uma vez que, quando solicitada, metade de sua seção encontrar-se-á comprimida e a outra tracionada.

"O caminho natural que as forças gravitacionais, ou seja, os pesos dos objetos e das pessoas, tendem a tomar é o da vertical. Se for oferecido a estas forças um caminho mais longo, elas obrigatoriamente terão que percorrê-lo, desviando-se, assim, de sua tendência natural e provocando esforços que solicitarão os elementos presentes nesse caminho" (REBELLO, 2000 p. 22). A figura abaixo demonstra este raciocínio.

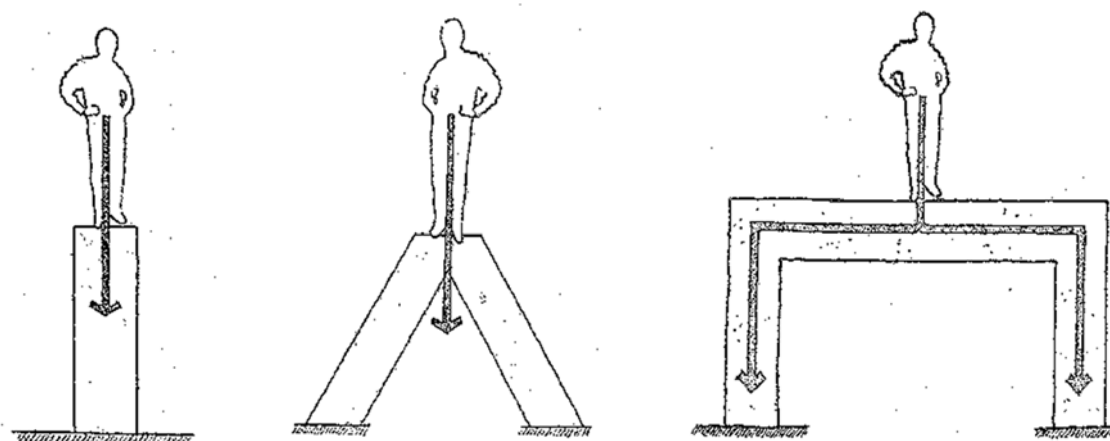


Figura 78: O caminho natural das forças.
Fonte: (REBELLO, 2000).

Para o leigo, talvez a leitura singela desse elemento estrutural não indique algo de controverso ou pelo menos estranho, já que, estando vinculado a apoios, pode passar despercebido o comportamento contrário ao caminho natural das forças (vertical).

Neste sentido, a viga exige cuidados especiais para o seu dimensionamento e para a sua interveniência dentro da edificação pois:

- a) Influencia no pé direito dos pavimentos;
- b) Influencia na disposição das vedações;
- c) Possibilita avanços sobre as projeções edificáveis como alternativas formais/espaciais;
- d) Viabiliza a construção dos planos horizontais essenciais para a configuração e utilização dos espaços no edifício. "As atividades do homem realizam-se

essencialmente num plano horizontal, e por isso exigem predominantemente uma extensão horizontal no espaço fechado" (ENGEL, 2001 p. 38);

e) Influencia no dimensionamento dos pilares;

f) Viabiliza a transição de pilares;

g) Possibilita a verticalização da edificação por meio da sobreposição e suspensão dos planos horizontais com ganhos de ocupação do solo. "As atividades do homem exigem altura espacial, não só pela liberdade de movimentos, mas especialmente para incrementar a área útil do planeta" (ENGEL, 2001 p. 38);

h) Caso Aparente, afeta os usuários na percepção da estabilidade e no "comportamento" do edifício com relação à sensação de equilíbrio do conjunto.

A figura a seguir ilustra alguns dos pontos anteriormente abordados. A viga viabiliza o avanço sobre o terreno. Pilares esbeltos apoiam as vigas e sobre elas as lajes que permitem a formatação do espaço utilizável. Estes elementos aparentes podem gerar desconforto em alguns usuários pois afetam a maneira pela qual percebem a estabilidade do conjunto.



Figura 79: As barras vigas e pilares.

Fonte: <<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1316969>>
Acesso em: 30 de outubro de 2014.

7 PRÉ - DIMENSIONAMENTO
UM POUCO ALÉM DE L SOBRE 10



Figura 80: Igreja da Pampulha,
Oscar Niemeyer.
Fonte: Internet domínio
público.

O pré-dimensionamento de elementos estruturais agiliza o processo de lançamento da estrutura dos projetos arquitetônicos. No caso das vigas, o pré-dimensionamento está condicionado, dentre outros fatores, à condição prévia de locação, afastamento dos pilares e de continuidade ou não caracterizando sistemas isostáticos ou hiperestáticos. Trata-se de uma ferramenta que auxilia sobremaneira os trabalhos iniciais do arquiteto mas que, em certo ponto, não corrobora ou incentiva o profissional à reflexão sobre a adoção de novos e possíveis arranjos estruturais.

Desta forma, o presente trabalho visou ir além deste escopo considerando aspectos do conjunto estrutural entre vigas e apoios e de como as diversas possibilidades de arranjo e espaçamento entre estes apoios interferem na seção da peça. O estudo dessas diferentes alternativas de locação refina o mecanismo³⁰ de pré-dimensionamento relacionando os pilares aos esforços atuantes na viga (estrutura), com a configuração espacial por eles proporcionada (arquitetura).

7.1 ESTADOS UNIDOS E BRASIL

Nos Estados unidos, os manuais técnicos 318-11 e 216R-89 do Instituto Americano de Concreto (ACI - American Concrete Institute) trazem em um de seus anexos de norma, tanto para os elementos de vigas e de lajes, caracterização de pré-dimensionamento direto para as estruturas de concreto armado. No caso das vigas, a referida norma aponta para a altura $L/15$.

No Brasil, a norma NBR 6118 - Norma técnica para projetos de estruturas de concreto armado e protendido, não faz referência direta para o pré-dimensionamento das vigas. No entanto, a norma faz referência ao pré-dimensionamento de altura de lajes considerando aspectos como a resistência do aço e do concreto, aspectos estes presentes desde o ano de 1978. As normas

³⁰ Ver acepção do termo na nota de rodapé 23.

brasileiras tendem a se tornar mais aprofundadas com detalhamentos específicos e, em contrapartida, os códigos ou normas não se preocupam com o anteprojeto, fase em que se definem as dimensões básicas das peças estruturais.

7.2 CRITÉRIOS PARA O LANÇAMENTO ESTRUTURAL

De um modo geral, pode-se dizer que para o pré-dimensionamento dos elementos estruturais são levados em consideração, principalmente, dois condicionantes: material e seção³¹ solicitada.

Sob este raciocínio, a instituição de critérios práticos para o lançamento estrutural, foi direcionada no sentido de adotar os critérios que mais comumente eram utilizados e compreendidos pelos arquitetos a fim de tornar os cálculos inteligíveis.

Nesta fase do trabalho é fundamental e de extrema importância destacar os seguintes pontos:

- 1) Primou-se, logicamente, pela exatidão e precisão dos levantamentos e dos cálculos efetuados, contudo, não é o objetivo desta dissertação trazer à tona um nível aprofundado de detalhes matemáticos. Se assim fosse realizado, haveria uma extrapolação do caráter generalista indelével da arquitetura e praticamente levaria este manual a outro propósito.
- 2) Não foi utilizada a unidade padrão internacional de medidas uma vez que os arquitetos e os escritórios de arquitetura utilizam a unidade **Kgf** e **cm** na rotina profissional, ou seja, durante a fase de projeção e no correr das obras.

³¹ Componentes necessários para o retorno do módulo de resistência.

3) Isto posto, evidencia-se que todo o trabalho está voltado ao poder de síntese do arquiteto, à sua capacidade de raciocínio dos conceitos principais da engenharia para que, de modo ágil e objetivo, possa aplicá-los durante o processo projetual.

Os critérios adotados para análise e estudos de caso foram os seguintes:

a) Critério empírico de pré-dimensionamento de altura de seção de viga, o famoso e conhecido **L/10** para determinar a altura inicial da viga.

Pelo fato de seguir uma razão simples, o pré-dimensionamento empírico de altura de seção de vigas (H) de concreto e aço é muito utilizado nas escolas de arquitetura e pelos projetistas no Brasil. Esta razão se dá entre o maior vão (L) dos apoios e um denominador específico ao material utilizado. Na prática, os engenheiros e arquitetos adotam os seguintes limites para determinação das alturas médias de vigas que pode ser conferido na tabela a seguir.

Tabela 2: Pré-dimensionamento Empírico de Altura de Seção de Viga.

Pré-dimensionamento Empírico - Altura Seção		
Material	VIGA	
	Vão	Balanço
CONCRETO	L / 10	L / 5
AÇO	L / 20	L / 10

L=comprimento do tramo.

b) Critério da resistência;

Tabela 3: Critério da Resistência.

Resistência	
Material	VIGA
CONCRETO	$d_{min} = 1,768 \sqrt{M_{max} * 1,4 / b * f_{ck} / 1,4}$ $H = d_{min} + 3cm$
AÇO	$W = M / 0,6 * f_y$

d_{min} = altura de cálculo; **M_{max}** = momento fletor máximo; **b** = base da viga;
f_{ck} = resistência característica do concreto; **H** = altura da viga;
W = módulo de resistência; **f_y** = tensão de escoamento do aço.

c) Critério da flecha;

A flecha admissível será calculada pelo processo empírico e a flecha de projeto pelo programa Ftool.

Tabela 4: Cálculo Empírico de Flecha.

Pré-dimensionamento Empírico - Flecha		
Material	VIGA	
	Vão	Balanço
CONCRETO	L / 300	L / 250
AÇO	L / 360	L / 250

Obs.: No caso do concreto, a flecha será considerada em dobro devido ao fenômeno de deformação lenta. L=comprimento do tramo.

d) Consumo de matéria prima/custos totais;

Como prática final de projeto, deve-se avaliar o custo final da estrutura o que pode levar, em determinados casos, a se reelaborar o sistema estrutural devido ao seu alto custo.

e) Critério da expressividade.

No segundo estudo de caso, foi adotado o critério da expressividade condicionante este de extrema importância e valor para o campo da arquitetura.

Este critério permeou a história das construções até a atualidade. Frequentemente, foi representado por meio dos atributos da proporcionalidade e do equilíbrio, não e tão somente estrutural/físico, mas também plástico com a mesma importância na composição das edificações e dos seus elementos constituintes.

A exemplo disto, os gregos utilizaram com primazia em todas as suas construções a geometria euclidiana e a proporção por eles considerada "áurea": Parthenon, dentre outros templos. A relação preconizada como "ideal" seria aquela cuja razão entre largura e altura retornaria o resultado de 1,618, aproximadamente, posteriormente observada, com frequência, na geometria orgânica da natureza.

Este exemplo é apenas um referencial teórico que, ao longo da história, demonstra o valor dado pelos arquitetos à questão da percepção humana por meio da expressividade plástica.

No entanto, com a evolução da arquitetura outros valores vieram a acrescentar novas formas de representação da expressividade tais como o equilíbrio da desproporcionalidade ou até mesmo o equilíbrio da assimetria.

Assim sendo, no estudo de caso do Edifício Touring de Brasília, além dos critérios anteriores, foi adotado o critério da expressividade, isto é, a originalidade do elemento estrutural, da sua importância e do seu papel no conjunto edificado.

Figura 81: Catedral de Brasília,
Oscar Niemeyer.
Fonte: <portaldoprofessor.mec.gov.br>
Acesso em 13 de novembro de 2014.



O critério utilizado para a seleção dos estudos de caso baseou-se na maneira pela qual a estrutura se apresenta na edificação, isto é, a forma pela qual a estrutura expressa sua função precípua no conjunto arquitetônico. Num primeiro momento, analisou-se o arranjo original do edifício e, posteriormente, foram propostos novos arranjos para que, finalmente, pudessem ser efetuados os cálculos e a devida obtenção dos resultados.

É necessário deixar claro que nos dois estudos de caso de viga tratados a seguir, os pilares, dependendo do arranjo (vãos, balanços, etc.) e os consequentes efeitos de flambagem, acarretarão alterações em suas seções com resultados ora mais ora menos otimizados, isto equivale a dizer que originarão seções mais ou menos delgadas. **Estes efeitos nos pilares bem como as alterações dos respectivos custos não foram objeto de estudo desta dissertação. Nesta matéria reside uma possível extensão deste trabalho.**

8.1 SEDE DA CAIXA CENTRAL DE ALOCAÇÕES FAMILIARES, PARIS

A Caixa Central de Alocações Familiares estabelecida em Paris é um órgão estatal fundado em 1946 que administra recursos de assistência às famílias, consequência da reforma social global ocorrida na França após a Segunda Guerra Mundial. A sede da Caixa foi projetada em 1953 por **Raymond Lopez** (1904-1966) e **Marcel Réby** para reagrupar os serviços que até então encontravam-se espalhados pela capital francesa. Raymond, arquiteto conhecido, renomado e de influências no meio político, foi ativista da arquitetura moderna preconizada na época, imprimindo no projeto várias inovações. O estilo modernista deveria refletir o novo conceito da organização estatal. Foi possível experimentar todos os níveis da construção: dos sistemas estruturais à poesia arquitetural, da configuração espacial às novas tecnologias e materiais (MARINO, 2009).



Figura 82: Edifício Principal da Sede da Caixa Central de Alocações Familiares após reforma, Paris, 1955-1959. Raymond Lopez e Marcel Réby.
Fonte: Internet domínio público.

O conjunto é formado por vários blocos de edifícios sendo a sede administrativa o edifício principal. Encontra-se orientado no sentido norte e sul com 09 pavimentos acima do térreo. O sistema estrutural adotado foi composto por simples associações de elementos em aço, vigas e pilares, basicamente. As vigas são apoiadas em 02 pilares que encontram-se afastados (recuados) das extremidades da viga promovendo 02 balanços idênticos confrontados às fachadas principais (longitudinais) do edifício. Esta configuração permitiu grande flexibilização da planta dos pavimentos, chamada à época de planta livre, um dos princípios defendidos pelo modernismo clássico também conhecido como "estilo internacional".



Figura 83: Edifício Principal da Sede da Caixa Central de Alocações Familiares, Paris, 1955-1959. Raymond Lopez e Marcel Réby.
Fonte: Internet domínio público.

A vedação das fachadas ficou por conta de uma grade de alumínio fixada nas pontas das vigas em balanço e sobre elas foram assentados os painéis de revestimento. Esta decisão, ao mesmo tempo que conferia à fachada *curtain wall*³² (parede cortina) uma leveza até então não inventada, exigiu uma solução especial de fixação (vínculo) para a grade junto às vigas. Foi desenhado uma junta de movimento especial que suportava os

³² Fachada ou parede não estrutural, em vidro, granito ou material plástico, suspensa à frente de uma estrutura resistente (lajes e vigas).

esforços de flexão dos pavimentos intermediários bem como as variações dimensionais provocadas pela dilatação ao longo das estações do ano. O partido da leveza adotado nas fachadas forçou o uso de um material composto, translúcido, extra leve, constituído de fibra de vidro e poliéster reforçado. Pela primeira vez, utilizou-se um material plástico em larga escala nesse tipo de construção, alterando permanentemente os campos do edifício e da construção.

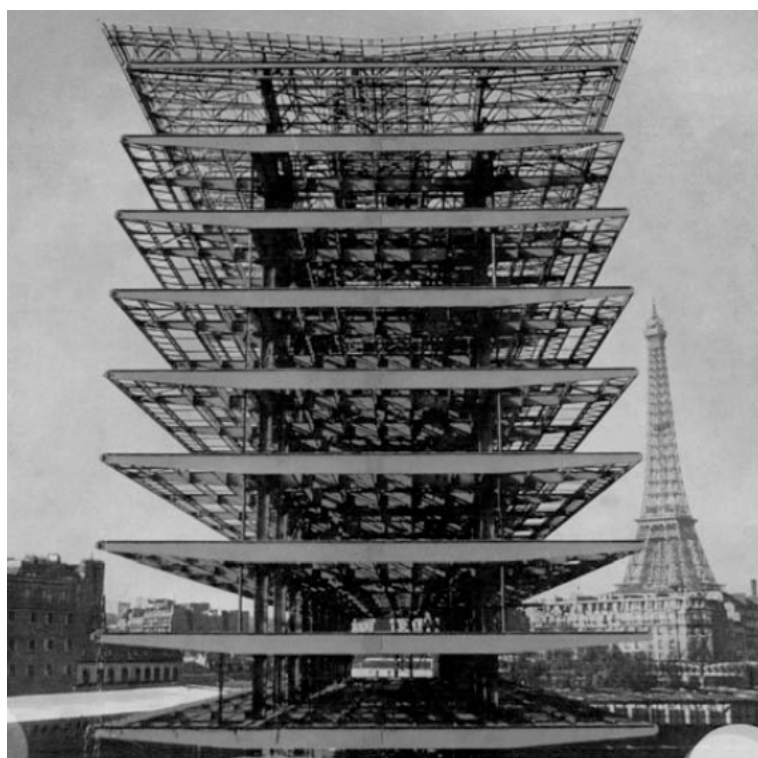


Figura 84: Detalhe do sistema estrutural adotado.
Fonte: Internet domínio público.

As vigas de aço possuem um desenho específico que, aproximadamente, acompanha o desenho gráfico do diagrama de momento fletor. Os maiores momentos ocorrem no centro da viga e sobre os apoios com redução progressiva até as extremidades dos balanços, local em que tornam-se nulos. Assim, foi possível a diminuição da altura da seção da viga dos apoios às pontas, decréscimo no peso e redução de consumo de matéria-prima, além de conferir ao elemento um formato muito interessante.

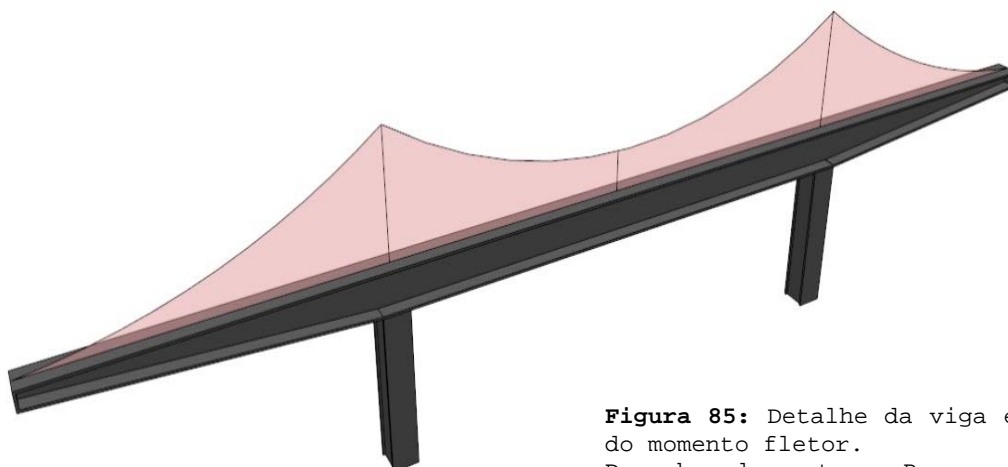


Figura 85: Detalhe da viga e do momento fletor. Desenho do autor. Programa SketchUp.



Figura 86: Detalhe do sistema estrutural adotado. Fonte: Internet domínio público.

O edifício principal resguarda a todas as fachadas a visualização da estrutura. Explicita ao leigo e ao usuário comum o ordenamento e funcionamento do sistema estrutural mormente a função dos espaços, objeto da arquitetura. Projeto marcante pelas inovações praticadas e pela importância histórica no desenvolvimento e fortalecimento da arquitetura moderna.

A planta de estrutura do pavimento tipo possui 71 metros de comprimento por 21,20 metros de largura perfazendo, aproximadamente, 1.500 m² de área. A laje é sustentada por 13 repetições de viga em 08 pavimentos além do térreo.

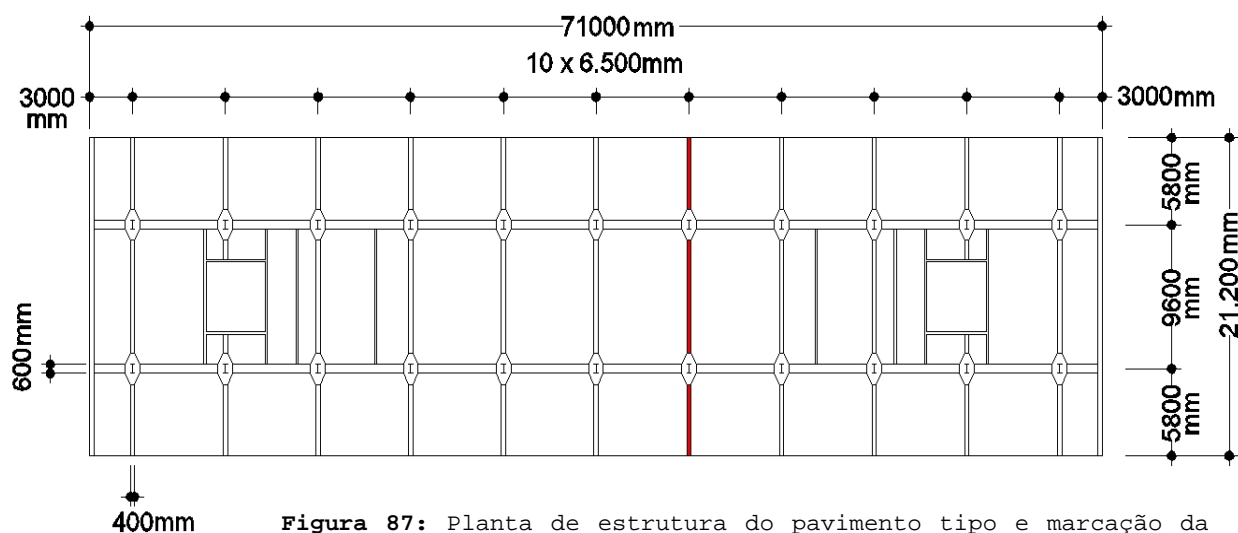


Figura 87: Planta de estrutura do pavimento tipo e marcação da viga, objeto do estudo (em vermelho).
Desenho do autor. Programa AutoCad. Unidade mm.

O perfil da viga construída é do tipo I. Possui 21,20m de comprimento por 80cm de altura (d) com mesas (bf) de, aproximadamente, 40cm de largura.

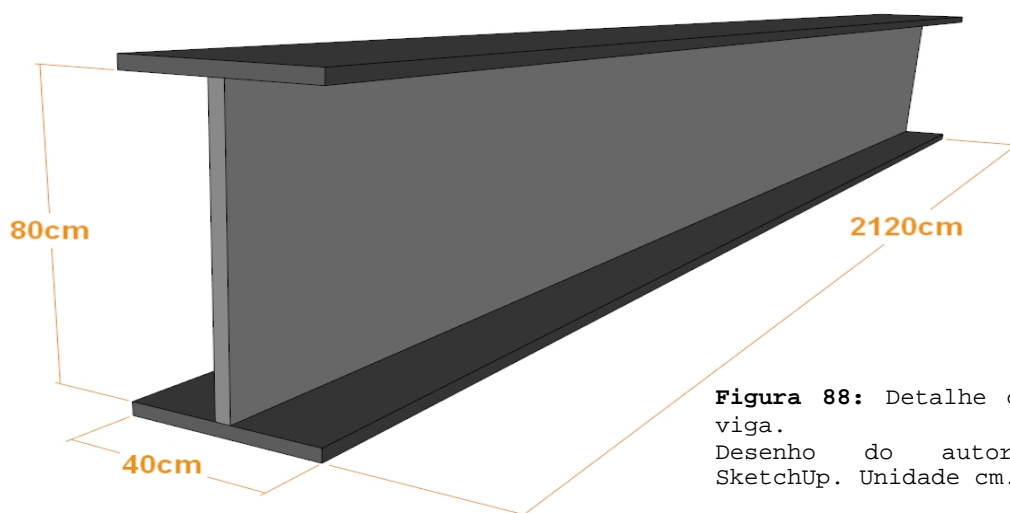


Figura 88: Detalhe do perfil da viga.
Desenho do autor. Programa SketchUp. Unidade cm.

Os apoios (pilares) são afastados das extremidades da viga na direção do centro gerando 02 balanços simétricos de 5,80m e um vão central de 9,60m.

Para os cálculos³³ das cargas nas lajes deste estudo de caso, considerou-se a norma NBR 6120 - Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações.

a) Ações:

- Ação Permanente (Peso Próprio)

- g1 Laje (15cm) _____	375 Kgf/m ²
- g2 Peso Estrutura Metálica_____	50 Kgf/m ²
- g3 Peso Divisórias Internas_____	45 Kgf/m ²
- g4 Peso Revestimento_____	100 Kgf/m ²
- g Total_____	570 Kgf/m²

- Carga Acidental

- q1 Escritório_____	200 Kgf/m ²
- q Total_____	200 Kgf/m²

- P Total_____ 770 Kgf/m²

- Largura (Faixa) de Influência

- Laje_____ 6,50 m

- TOTAL (Carga Uniforme Distribuída) 5.005 Kgf/m

Obs.: Para efeito dos cálculos, o valor total foi aproximado para **5.000 Kgf/m**.

³³ Apenas para os cálculos. Para as apresentações gráficas (figuras) manteve-se a aparência original da viga com o propósito de facilitar o entendimento e o apelo visual com o edifício em estudo.

- b) Mesma altura de seção em toda a extensão da viga de aço descartando-se a redução da altura (projeto original) da seção dos apoios até as extremidades;
- c) Estrutura isostática;
- d) 01 vínculo articulado móvel e 01 vínculo articulado fixo;
- e) Uso das tabelas de perfis metálicos Gerdau (laminados) e/ou Usiminas (soldados);
- f) Para as análises de flecha, apenas a maior flecha dos tramos.
- g) Resistência do aço: $f_y 2.500\text{Kgf/cm}^2$.

Obs.: Os cálculos realizados na planilha do Excel respeitaram a unidade utilizada para as bitolas de perfis metálicos (mm), contudo, no desenho e na apresentação da viga resultante foi adotada a unidade - **cm** pois é a unidade mais utilizada pelos arquitetos e projetistas.

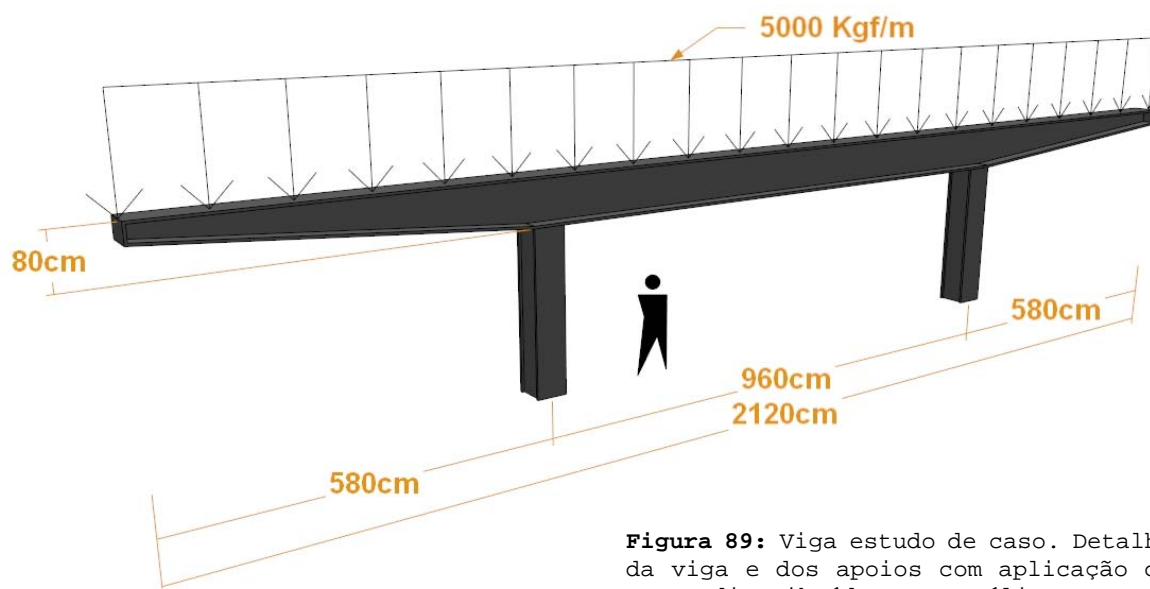


Figura 89: Viga estudo de caso. Detalhe da viga e dos apoios com aplicação da carga distribuída para análise. Desenho do autor. Programa SketchUp. Unidade cm.

A nomenclatura e proposição de viga **A1** foi adotada para a **análise do arranjo da viga construída** aplicando-se a carga de 5.000 Kgf/m. **A2, A3, A4 e A5** para as demais alternativas de proposição de apoios dos pilares. Sob os critérios de $L/20$ e $L/10$ (L definido pelos tramos em vão e em balanço, respectivamente), resistência do material, flecha e consumo de matéria prima, a viga **A1** foi o objeto da primeira análise de pré-dimensionamento para que pudessem ser confrontados os resultados de altura de viga obtidos com a configuração construída no edifício.

Por meio dos critérios empíricos para cálculo de altura de viga, obteve-se como resultado as alturas de 480mm para o vão e de 580mm para os balanços.

No programa Ftool, considerando-se o vão central, foi possível verificar o momento fletor máximo da viga de aço para inserção do valor na planilha de cálculos do Excel e posterior cálculo do módulo de resistência (W). O módulo resistente obtido foi de $5.606,67\text{cm}^3$ indicando o perfil I de aço da **Usiminas VS700x166** que possui altura (d) de 700mm, conforme **Tabela 5**.

Passou-se então para o critério da flecha, aplicando-se o perfil de aço da Usiminas VS700x166 definido pelo módulo de resistência calculado. Por meio do critério empírico para cálculo de flecha de vãos, $L/360$ (L definido pela dimensão do maior vão), verificou-se no vão central o valor de 27mm. Para o cálculo de flecha de balanços, a razão adotada é de $L/250$ e, neste caso obteve-se 23mm. No programa Ftool foi possível verificar a flecha do vão central e do balanço, quais foram, respectivamente: 9mm e 43mm. No vão central, o perfil da Usiminas VS700x166 atendeu ao critério uma vez que a flecha calculada pelo programa Ftool, 9mm, foi menor que a flecha do critério prático, 27mm. O mesmo não ocorreu para o balanço das duas pontas onde a flecha calculada pelo programa Ftool, 43mm, foi maior que a flecha do critério prático, 23mm. Neste caso, verificou-se uma diferença de 20mm entre os dois resultados para os balanços.

Por meio de recorrente pesquisa nas tabelas **Gerdau**³⁴ e **Usiminas**³⁵ foi anotado um novo perfil mais resistente para a segunda verificação e teste de flecha. O perfil escolhido foi o perfil I **VS950x194 da Usiminas** com altura (d) de 950mm. Retornou-se ao programa Ftool e, alterando-se o perfil, a flecha encontrada no balanço foi de 22mm. Após a inserção do dado na planilha de cálculos do Excel, verificou-se que o perfil Usiminas VS950x194 atendeu ao critério da flecha para o balanço de 5,80m; o valor foi inferior a 23mm do critério empírico.

Desta forma, o perfil definido para a proposição **A1** foi o perfil I **Usiminas VS950x194**, altura 950mm uma vez que a flecha ocasionada nas extremidades da viga foi muito superior à flecha do vão central sendo necessário uma maior altura de seção para equilíbrio dos esforços internos.

A viga construída no edifício possui 800mm de altura³⁶. A viga definida (proposição **A1**) por meio dos três critérios (prático, resistência e flecha), considerando-se uma carga distribuída de 5.000 Kgf/m, possui 950mm de altura. Comparando-se estas alturas, pode-se constatar uma diferença de 15cm. Esta diferença se deve ao fato de que não foi possível identificar a solução estrutural adotada pelos projetistas franceses para os vínculos entre os 02 pilares e a viga. Contudo, por meio de uma análise criteriosa do conjunto estrutural, é possível inferir-se que foi adotado um arranjo de pilar e viga porticados, ou seja, um sistema de pórtico clássico que diminui a flecha nos balanços e, conseqüentemente, a altura da viga.

Desta forma, pode-se dizer que a diferença de 15cm a mais encontrada na análise da proposição **A1** deveu-se ao fato de que não foram contemplados nos cálculos os vínculos como sendo rígidos (não articulados).

³⁴ Perfis laminados (tabela em anexo).

³⁵ Perfis soldados (tabela em anexo).

³⁶ Não se conhecem as ações e seus devidos valores que foram levadas em consideração para o cálculo da seção da viga original do edifício.

Assim sendo, pode-se considerar a diferença de 15cm praticamente desprezível dentro do contexto corroborando na assertividade dos cálculos para as demais proposições A2, A3, A4 e A5.

Os cálculos da proposição **A1** (análise do arranjo construído) foram consolidados na **Tabela 5**.

Ao final de todas as análises de viga do estudo de caso Edifício Principal da Sede da Caixa Central de Alocações Familiares, a **Tabela 10** consolida e demonstra o critério de consumo de matéria prima e custos totais para todas as proposições.

A Tabela a seguir demonstra a planilha de cálculos da proposição original construída.

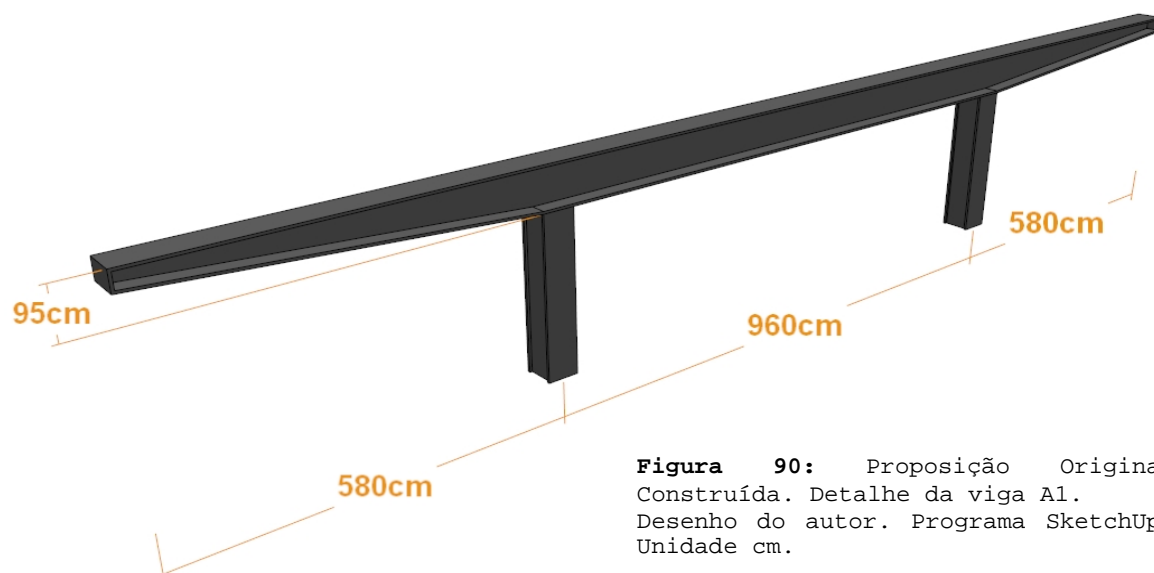
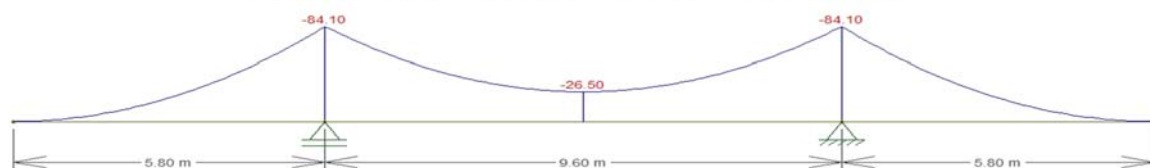


Figura 90: Proposição Original Construída. Detalhe da viga A1. Desenho do autor. Programa SketchUp. Unidade cm.

Tabela 5: Tabela Consolidada Viga A1. Critério empírico L sobre 20, critério da resistência e critério da flecha. Programa Editor de Planilhas Microsoft Excel.

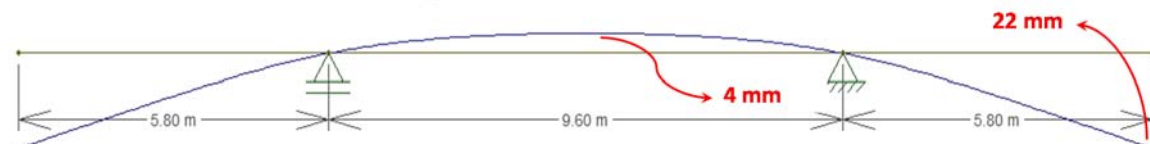
Viga A1 - Análise do Arranjo Construído - Aço Seção Perfil I

Ftool: Diagrama de MOMENTO FLETOR do Perfil: VS950X194



Critério Empírico		Critério Resistência (Mód. W)		
Maior Tramo		Mmáx	W	W Indica: Usiminas
VÃO	BALANÇO	Kgf/m	cm ³	VS700X166
9,60 m	5,80 m			d 700mm
L / 20	L / 10			bf 320mm
480 mm	580 mm	84.100,0	5.606,67	700 mm

Ftool: Diagrama de FLECHA do Perfil: VS950x194



Critério Flecha (f)					
Maior Tramo	Altura (h) Viga I		Flecha	Flecha Máx. Ftools	Verificação
	Tab. Bitola:	d			
VÃO - L/360	VS700X166	700 mm	27 mm	9 mm	O K
9,60 m	VS950X194	950 mm	27 mm	4 mm	O K
BALANÇO - L/250	VS700X166	700 mm	23 mm	43 mm	NÃO PASSA!
5,80 m	VS950X194	950 mm	23 mm	22 mm	O K

Com o intuito de se buscar o menor esforço de flexão da viga equilibrou-se³⁷ ao máximo os momentos fletores, aproximando os valores resultantes dos momentos contrários positivo e negativo. Ajustou-se os pilares na proposição de viga **A2**, afastando-os um pouco mais para as extremidades (pontas) perfazendo um vão central maior e dois balanços menores. Momentos fletores opostos melhor distribuídos no vão central e sobre os pilares tendem a resultar em uma seção de viga de menor altura.

Foi utilizado para o cálculo de posicionamento dos apoios, formação dos balanços e consequente distribuição dos momentos fletores, o critério empírico definido por Yopanan Rebello (2000 p. 99) de $1/5L$ para os balanços e $3/5L$ para o vão central onde L é definido pelo comprimento total da viga. Os valores resultantes desta razão foram de 4,41m para ambos os lados da viga (balanços) e de 12,38m para o vão central.

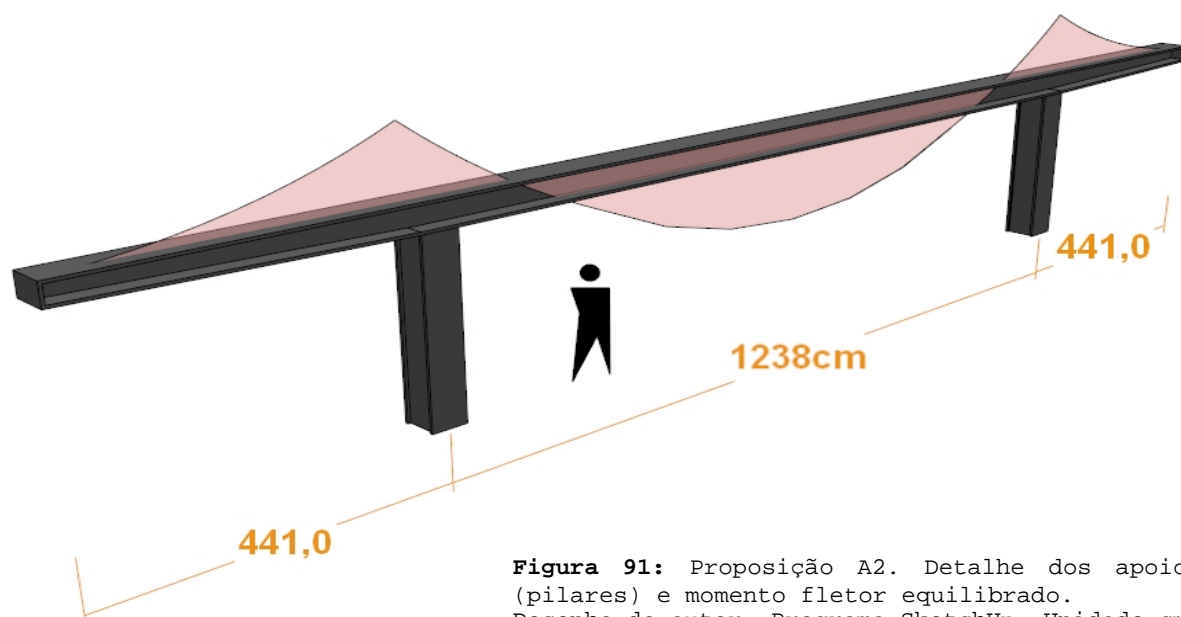


Figura 91: Proposição A2. Detalhe dos apoios (pilares) e momento fletor equilibrado. Desenho do autor. Programa SketchUp. Unidade cm.

Por intermédio do critério empírico $L/20$, a altura da seção encontrada para o vão central que possui 12,38m foi de **619mm** e para os balanços de 4,41m a flecha encontrada sob a razão de $L/10$ foi de **441mm**.

³⁷ "Esta situação ocorre quando se tem aproximadamente $5/7$ do comprimento da viga como vão central e $2/7$ como balanço. No caso de dois balanços, essa situação ocorre quando se tem $1/5$ do comprimento da viga nos balanços e $3/5$ no vão central" (REBELLO, 2007 p. 76).

Posteriormente, no programa Ftool, verificou-se o momento fletor máximo de 48.620kgf/m da viga para inserção e cálculo do módulo de resistência (W) qual foi: 3.241,33cm³. Em busca nas tabelas de perfis metálicos Gerdau e Usiminas, identificou-se para o arranjo de viga **A2** o perfil I da **Gerdau W610x125,0** com vistas ao teste primário da flecha. Cabe lembrar que a seleção do perfil se deu pelo módulo de resistência (W), ou seja, pela identificação de perfis que possuíssem valores mais próximos de 3.241,33cm³. O perfil W610x125,0 possui 612mm de altura e 229mm de largura de mesas (bf) evidenciando uma seção de formato mais retangular do que um formato mais próximo do quadrado. Essa característica de relação altura de perfil e largura das mesas faz com que a viga esteja mais sujeita aos esforços de flambagem e, dependendo do caso, faz-se necessário maiores espessuras das seções (peças) verticais e horizontais - almas e mesas. Mesmo assim, respeitou-se o critério da resistência, o módulo encontrado e o respectivo perfil para a verificação.

O programa Ftool retornou o valor de 29mm de flecha contra 34mm atestado pelo critério empírico L/360, ou seja, o perfil W610x125,0 da Gerdau foi suficientemente resistente à flecha do grande vão central. No mesmo caminho, o perfil também foi resistente o bastante para a flecha dos balanços uma vez que o valor definido pelo programa Ftool foi de 8mm, ou seja, menos da metade abaixo da flecha calculada pelo critério prático que foi de 18mm.

Portanto, o perfil I **W610x125,0 da Gerdau** com **612mm de altura** passou na verificação de flecha da viga **A2** atestando ser resistente ao esforço ocasionado pelo vão central de 12,38m bem como à flecha dos balanços de 4,41m. Os dados podem ser conferidos na **Tabela 6**.

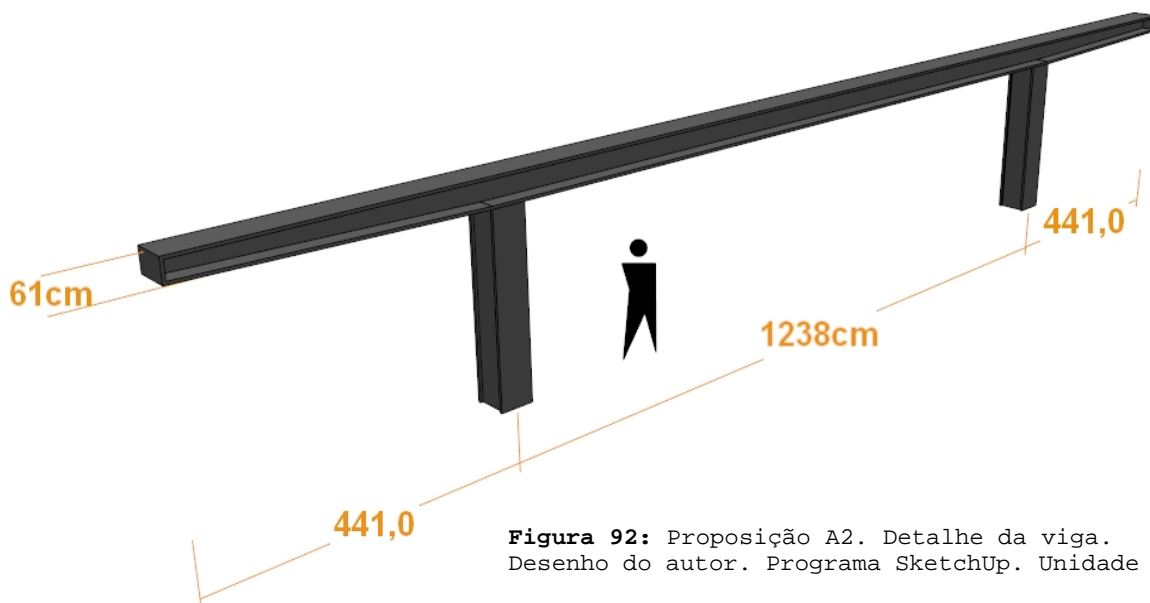
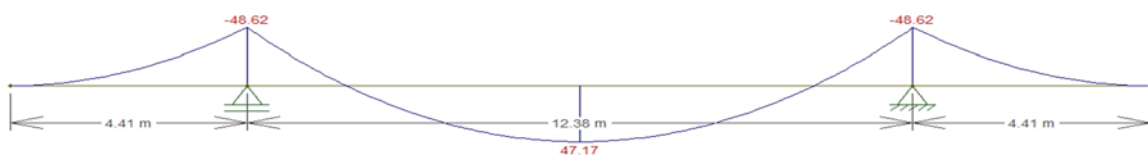


Figura 92: Proposição A2. Detalhe da viga. Desenho do autor. Programa SketchUp. Unidade cm.

Tabela 6: Tabela Consolidada Viga A2. Critério empírico L sobre 20, critério da resistência e critério da flecha. Programa Editor de Planilhas Microsoft Excel.

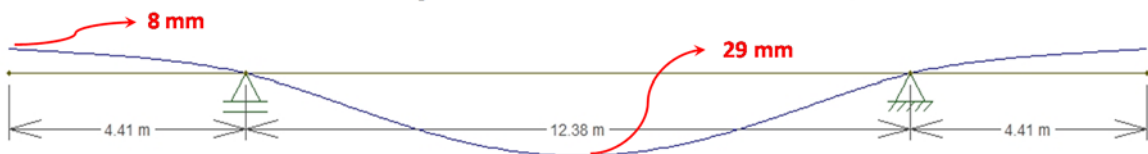
Viga A2 - Equilíbrio Momento Fletor Vão e 02 Balanços - Aço Seção Perfil I

Ftool: Diagrama de MOMENTO FLETOR do Perfil: W610x125,0



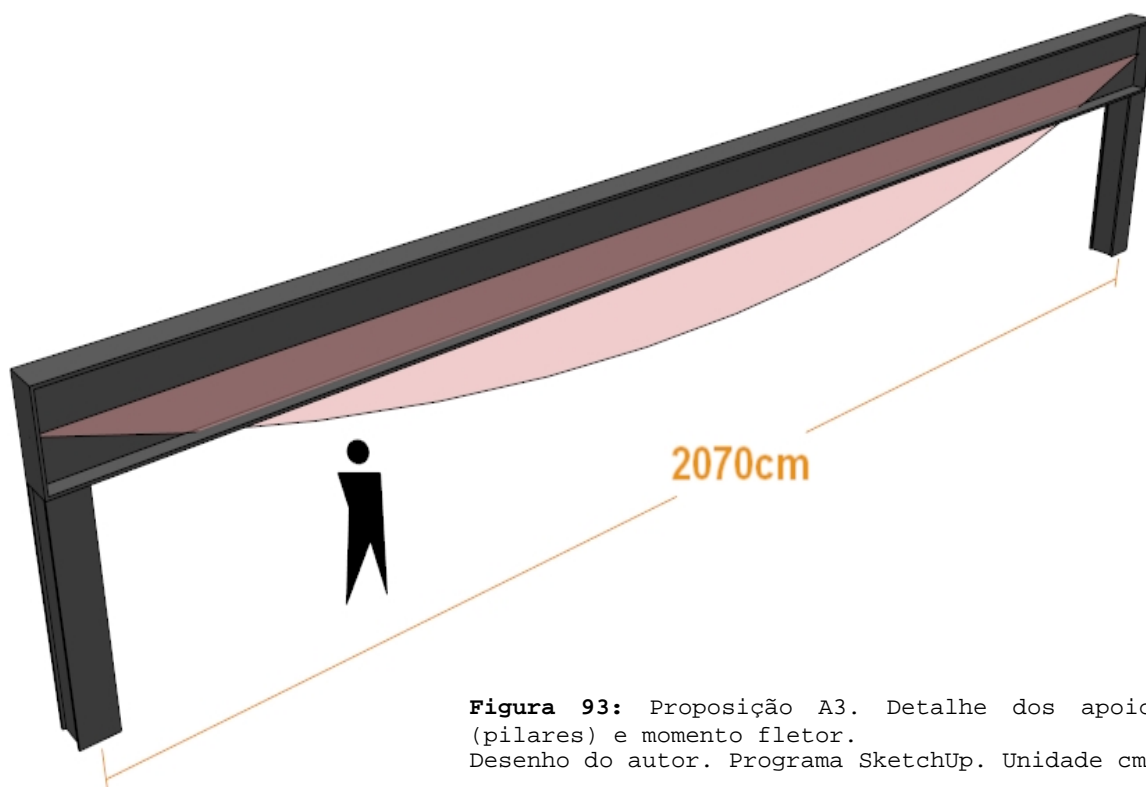
Critério Empírico		Critério Resistência (Mód. W)		
Maior Tramo		M _{máx} Kg/m	W cm ³	W Indica: Gerdau
VÃO 12,38 m	BALANÇO 4,41 m			W610x125,0
L / 20 619 mm	L / 10 441 mm	48.620,0	3.241,33	d 612mm
				bf 229mm
				612 mm

Ftool: Diagrama de FLECHA do Perfil: W610x125,0



Critério Flecha (f)					
Maior Tramo	Altura (h) Viga I		Flecha	Flecha Máx. Ftools	Verificação
	Tab. Bitola:	d			
VÃO - L/360 12,38 m	W610x125,0	612 mm	34 mm	29 mm	O K
BALANÇO - L/250 4,41 m	W610x125,0	612 mm	18 mm	8 mm	O K

A proposição de viga **A3** possui os dois apoios (pilares) locados nas extremidades da viga com o objetivo de proporcionar um único vão central. Esta proposta foi adotada no sentido de permitir a livre utilização do espaço abaixo do vão vencido pela viga o que gera maiores possibilidades de arranjos para a arquitetura de interior.



O critério empírico $L/20$ foi aplicado para cálculo da altura da seção. Para efeito do cálculo, foi considerado como vão livre, a distância entre os eixos dos pilares (pilares de seção quadrada, 500mm de largura) que é de 20,70m de comprimento. Desta forma, dividiu-se o vão de 20,70m pelo denominador 20 e obteve-se como resultado o valor de 1.035mm de altura de viga.

O momento fletor calculado pelo programa Ftool foi de 280.900Kgf/m e o módulo de resistência (W) 18.726,67cm³. Com base nas tabelas de perfis metálicos e no módulo de resistência, foi apontado, inicialmente, o perfil I **Usiminas VS1300x299** com altura (d) de **1.300mm**.

Como a viga não possui balanços foi realizado apenas o cálculo de flecha para o vão, neste caso, o critério empírico $L/360$, ou seja, 20,70m dividido por 360. A flecha obtida foi de 58mm. Verificou-se no programa Ftool uma flecha de 56mm adotando-se o perfil VS1300x299.

Portanto, para a proposição **A3** que possui um único vão (vão livre), o perfil I **Usiminas VS1300x299** atendeu a todos os critérios estabelecidos (**Tabela 7**).

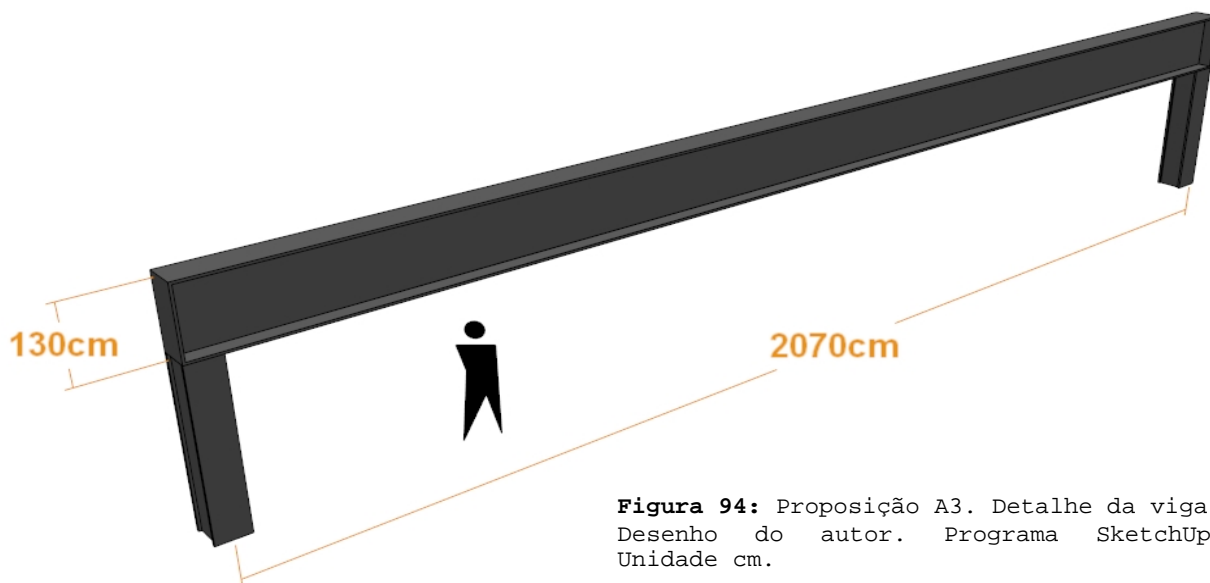
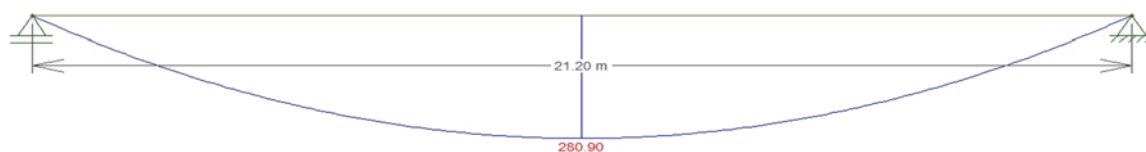


Figura 94: Proposição A3. Detalhe da viga. Desenho do autor. Programa SketchUp. Unidade cm.

Tabela 7: Tabela Consolidada Viga A3. Critério empírico L sobre 20, critério da resistência e critério da flecha. Programa Editor de Planilhas Microsoft Excel.

Viga A3 - Vão Livre - Aço Seção Perfil I

Ftool: Diagrama de MOMENTO FLETOR do Perfil: VS1300x299



Critério Empírico		Critério Resistência (Mód. W)			
Maior Tramo		Mmáx	W	W Indica: Usiminas	
VÃO	BALANÇO	Kgf/m	cm ³	VS1300x299	
20,70 m				d	1300mm
L / 20	L / 10	280.900,0	18.726,67	bf	450mm
1.035 mm				1.300 mm	

Ftool: Diagrama de FLECHA do Perfil: VS1300x299



Critério Flecha (f)					
Maior Tramo	Altura (h) Viga I		Flecha	Flecha Máx. Ftools	Verificação
	Tab. Bitola:	d			
VÃO - L/360	VS1300x299	1.300 mm	58 mm	56 mm	O K
20,70 m					
BALANÇO - L/250					

A penúltima proposição **A4** apresenta-se como uma variação de um arranjo estrutural simples³⁸ e correntemente utilizado pelos arquitetos (**Figura 95**), constituído por uma viga, 03 pilares e 02 vãos de mesmo tamanho. A diferença consiste no fato de possuir apenas 02 apoios que foram dispostos da seguinte forma: um pilar no centro da viga e o outro em uma das extremidades, mantendo os 02 tramos de igual comprimento. Assim, 01 tramo fica em balanço e o outro bi apoiado respeitando-se a mesma quantidade de pilares como em todas os outros arranjos estudados.

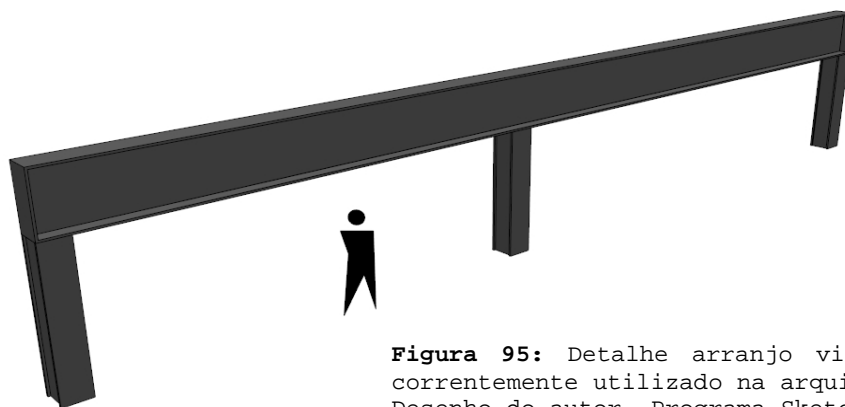


Figura 95: Detalhe arranjo viga e pilar correntemente utilizado na arquitetura. Desenho do autor. Programa SketchUp.

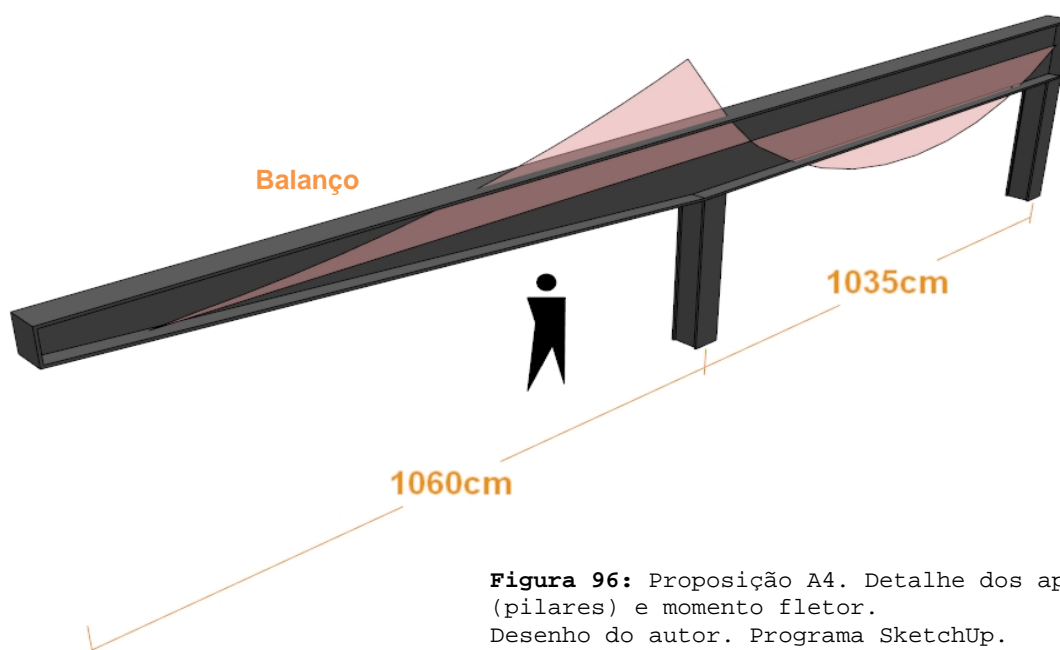


Figura 96: Proposição A4. Detalhe dos apoios (pilares) e momento fletor. Desenho do autor. Programa SketchUp. Unidade cm.

³⁸ Trata-se de uma solução óbvia, econômica e facilmente exequível, quer dizer, um arranjo altamente viável que proporciona bons resultados de altura de viga mas que, dependendo do programa arquitetônico, pode gerar interferências indesejáveis na utilização dos espaços.

Pelo critério empírico de pré-dimensionamento de vãos $L/20$, chegou-se à uma seção de 518mm de altura. Para o grande balanço da viga, a razão $L/10$ indicou o valor de 1.060mm.

O momento fletor máximo da viga calculado pelo programa Ftool foi de 280.900Kgf/m e na tabela de cálculos do programa Excel foi retornado o módulo de resistência (W) de 18.726,67cm³. Este valor referenciou a escolha do perfil I **Usiminas VS1300x299** de altura (d) **1.300mm** e mesas (bf) de **450mm**.

Para o maior tramo em vão, obteve-se para o cálculo empírico de flecha ($L/360$) o valor de 29mm contra 5mm, valor este calculado pelo programa Ftool. Este resultado implica que o perfil VS1300x299 passou no teste da flecha faltando apenas a verificação da flecha no balanço. À primeira vista foi possível observar que a flecha do balanço não acompanharia tão ínfimos valores do vão devido ao grande comprimento até a extremidade da viga. A flecha admissível pelo critério prático ($L/250$) foi de 42mm contra 67mm calculado pelo programa Ftool, ou seja, o perfil não conseguiu atender ao critério da flecha. Diante da diferença de valores, retornou-se às tabelas de perfis metálicos da Usiminas e foi acusado um novo perfil: **VS1600x328**. Novamente ao programa Ftool para levantamento da flecha e, posteriormente, à planilha de cálculos do Excel, foi possível comparar a flecha obtida com a flecha do critério empírico. O novo perfil atendeu bem ao critério uma vez sua altura (d) era superior ao perfil primeiramente analisado. A flecha no vão foi de apenas 3mm. No balanço a flecha apontada pelo Ftool foi de 42mm, sendo o mesmo valor levantado pelo critério empírico que foi de 42mm. Este resultado de flecha confirmou possuir o perfil I **VC1200x221 Usiminas** seção capaz de atender à todos os critérios analisados para o arranjo **A4** conforme pode ser conferido na tabela a seguir (**Tabela 8**).

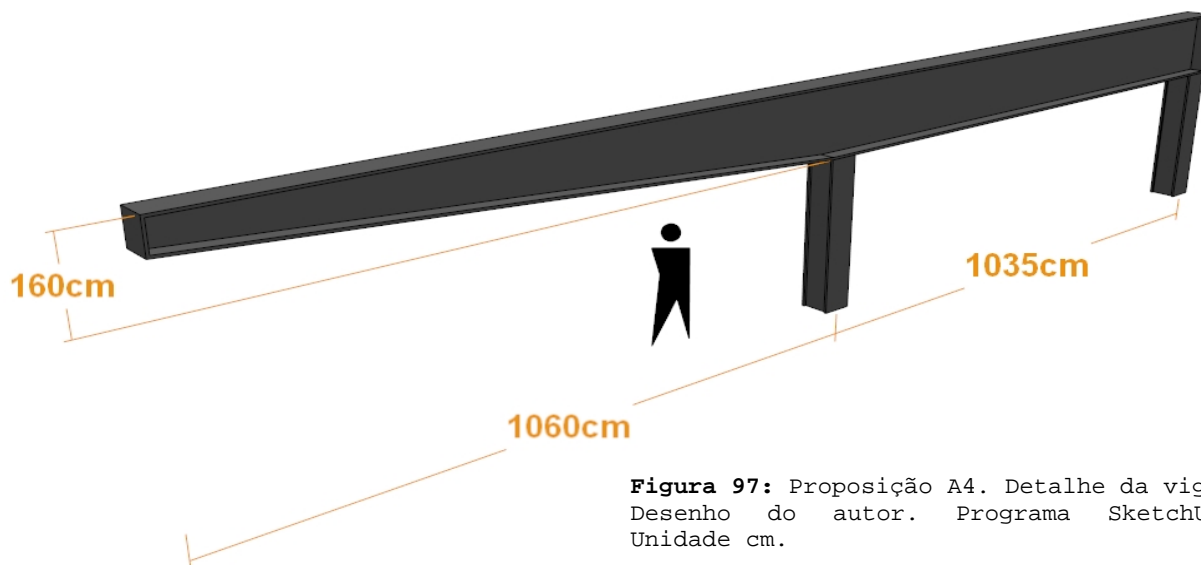
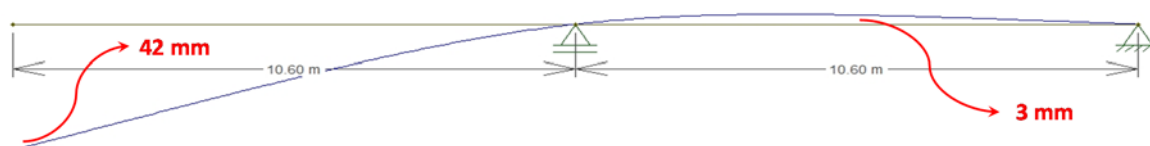


Figura 97: Proposição A4. Detalhe da viga. Desenho do autor. Programa SketchUp. Unidade cm.

Tabela 8: Tabela Consolidada Viga A4. Critério empírico L sobre 20, critério da resistência e critério da flecha. Programa Editor de Planilhas Microsoft Excel.

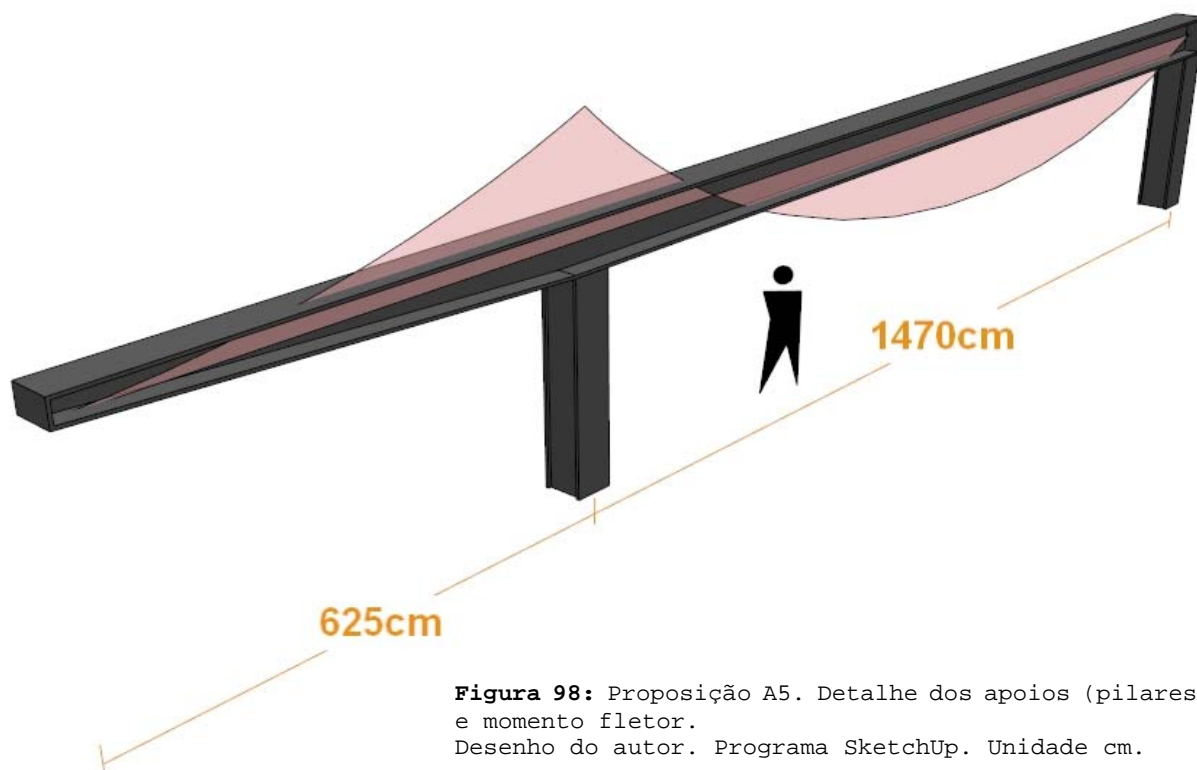
Viga A4 - Mesmo Vão e Balanço - Aço Seção Perfil I				
Ftool: Diagrama de MOMENTO FLETOR do Perfil: VS1600x328				
Critério Empírico		Critério Resistência (Mód. W)		
Maior Tramo		M _{máx} Kgf/m	W cm ³	W Indica: Usiminas
VÃO	BALANÇO			VS1300x299
10,35 m	10,60 m	280.900,0	18.726,67	d 1300mm
L/20 518 mm	L/10 1.060 mm			bf 450mm
		1.300 mm		

Ftool: Diagrama de FLECHA do Perfil: VS1600x328



Critério Flecha (f)					
Maior Tramo	Altura (h) Viga I		Flecha	Flecha Máx. Ftools	Verificação
	Tab. Bitola:	d			
VÃO - L/360	VS1300x299	1.300 mm	29 mm	5 mm	O K
10,35 m	VS1600X328	1.600 mm	29 mm	3 mm	O K
BALANÇO - L/250	VS1300x299	1.300 mm	42 mm	67 mm	NÃO PASSA!
10,60 m	VS1600X328	1.600 mm	42 mm	42 mm	O K

Na proposição de viga **A5** foi adotado o mesmo princípio aplicado na viga A2 por meio do qual movimentou-se os pilares (apoios) para obtenção de momentos fletores contrários e equilibrados. Neste caso de viga, os apoios perfazem apenas 01 balanço ao invés de dois balanços da proposição A2. Buscou-se equilibrar o momento positivo do vão com o momento negativo existente sobre o pilar que encontra-se mais ao centro da viga. Para a locação adequada dos pilares e equilíbrio dos momentos fletores, utilizou-se o cálculo empírico adotado pelo engenheiro Yopanan Rebello (2000 p. 99) qual foi: $5/7L$ para o cálculo do vão e $2/7L$ para o cálculo do balanço (L = comprimento da viga).



Pelo critério de pré-dimensionamento empírico para vãos $L/20$, chegou-se ao valor de 748mm de altura de viga e para o balanço que possui 6,25m, a altura calculada pela razão de $L/10$ foi de 625mm.

Já no programa Ftool, o momento fletor máximo retornado para a viga bi apoiada, 01 vão e 01 balanço foi de 97.660Kgf/m. O módulo de resistência (W) calculado na planilha do Excel foi

de $6.510,67\text{cm}^3$ encaminhando a escolha do perfil I **VS800x173** da **Usiminas** com mesas (bf) de **320mm** e altura (d) de **800mm** que, a princípio, apresentou-se ser suficientemente resistente aos esforços internos da viga.

Em sequência, ainda na tabela do Excel, calculou-se a flecha para o vão e para o balanço nas razões de L/360 e L/250, respectivamente. Foram encontrados os valores de 42mm de flecha ocasionada no vão e de 25mm de movimentação vertical no balanço.

O programa Ftool informou a flecha máxima para o vão e para o balanço, quais foram: 34mm e 6mm. Em ambos os tramos o perfil demonstrou-se seguro para atender ao critério da flecha. Portanto, no primeiro teste do perfil escolhido, a flecha do vão foi praticamente 25% menor que a flecha do critério empírico e aproximadamente 75% menor que a flecha do balanço.

Diante destes resultados, pôde-se concluir que o perfil I **VS800x173** da **Usiminas** de imediato atendeu aos critérios empírico, de resistência e de flecha para a proposição de viga **A5**. Abaixo, na **Tabela 9**, encontra-se consolidado todos os cálculos referentes aos três critérios adotados.

Convém lembrar que na **Subseção 8.1.1 - Critérios Baseados no Desenho Estrutural - A Diretriz (página 151)**, serão elencados os argumentos, postulações e conclusões específicas deste estudo de caso e na **Subseção 8.2.1** do Estudo de Caso do **Edifício Touring em Brasília (página 176)**.

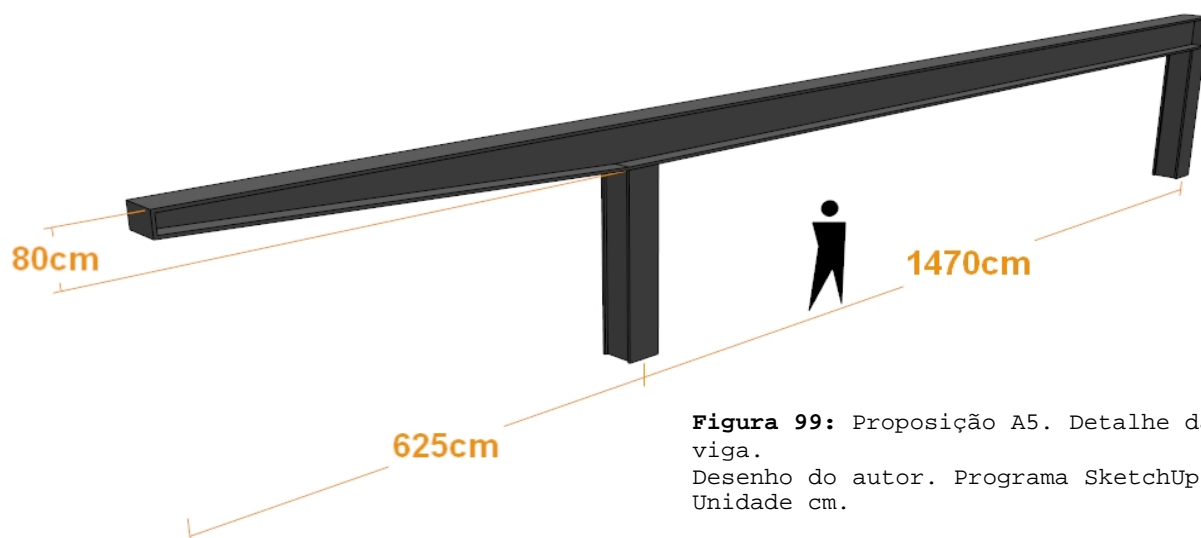
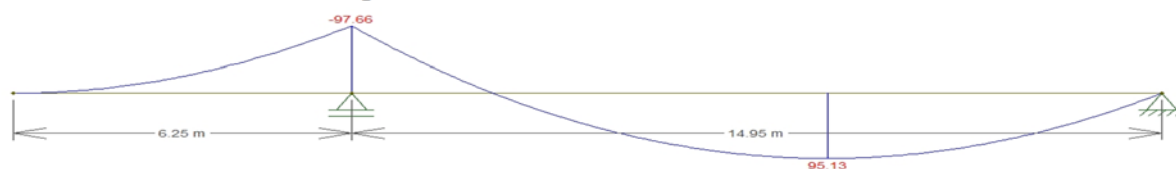


Figura 99: Proposição A5. Detalhe da viga.
Desenho do autor. Programa SketchUp.
Unidade cm.

Tabela 9: Tabela Consolidada Viga A5. Critério empírico L sobre 20, critério da resistência e critério da flecha.
Programa Editor de Planilhas Microsoft Excel.

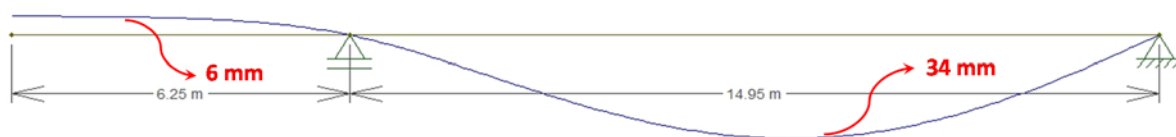
Viga A5 - Equilíbrio Momento Fletor do Vão e Balanço - Aço Seção Perfil I

Ftool: Diagrama de MOMENTO FLETOR do Perfil: VS800x173



Critério Empírico		Critério Resistência (Mód. W)		
Maior Tramo		M _{máx}	W	W Indica: Usiminas
VÃO	BALANÇO	Kgf/m	cm ³	VS800x173
14,95 m	6,25 m			d 800mm
L / 20	L / 10			bf 320mm
748 mm	625 mm	97.660,0	6.510,67	800 mm

Ftool: Diagrama de FLECHA do Perfil: VS800x173



Critério Flecha (f)					
Maior Tramo	Altura (h) Viga I		Flecha	Flecha Máx. Ftools	Verificação
	Tab. Bitola:	d			
VÃO - L/360 14,95 m	VS800x173	800 mm	42 mm	34 mm	O K
BALANÇO - L/250 6,25 m	VS800x173	800 mm	25 mm	6 mm	O K

8.1.1 CRITÉRIOS BASEADOS NO DESENHO ESTRUTURAL A DIRETRIZ

Em primeiro lugar, importante esclarecer que o propósito central da diretriz de lançamento estrutural aqui tratada é o de provocar no arquiteto projetista o raciocínio estrutural à fase do partido e do desenvolvimento do estudo preliminar arquitetônico. Ao contrário de constituir-se uma ferramenta "lacônica" de lançamento estrutural, a diretriz tem como objetivo promover no arquiteto o pensamento e a reflexão integral entre as partes que constituem o projeto, ou seja, o argumento essencial entre a arquitetura e a estrutura. De modo algum pretende-se neste trabalho, mais ainda nesta fase, o esgotamento das possibilidades de aplicabilidade e utilização dos elementos estruturais e de suas variações, mais precisamente das vigas; tarefa sabidamente impossível. Pretensões existem quanto às análises qualitativas dos projetos que compreendem uma observação e reflexão mais apurada cujo foco é o de aprofundar a apreciação e o entendimento das relações entre arquitetura e estrutura.

Em contrapartida, a diretriz (raciocínio e reflexão para a decisão) aqui desenvolvida pode ser aplicada no desenvolvimento de uma gama considerável de projetos: desde as residências particulares aos mais variados tipos de edifícios. Estes dois programas arquitetônicos, por sua vez, são os mais desenvolvidos e construídos em todo o mundo. As cidades modernas brasileiras são compostas, basicamente, de edifícios residenciais e comerciais que, em sua imensa maioria, não fogem às configurações mais ortodoxas da engenharia. Isto implica dizer que são sistemas estruturais convencionais de concreto armado ou de aço constituídos de elementos (vigas, pilares e lajes) retilíneos e dispostos ortogonalmente, ou seja, configurados da maneira mais racional possível.

Nestes casos, as diretrizes apresentam-se como um instrumento de interação projetual que resguarda o lugar correto da estrutura no curso sinuoso da criação arquitetônica.

O arquiteto deve ter a capacidade de escolher a solução estrutural que melhor atender a uma gama de requisitos estabelecidos previamente de forma hierarquizada: a prevalência da função em detrimento da estética; a beleza em desvantagem da robustez; a facilidade de execução em detrimento da complexidade arquitetônica, dentre vários outros.

Para orientar a escolha é necessário estabelecer uma hierarquia de quesitos aos quais a solução deverá atender, de maneira que se estabeleçam categorias de importância, de forma que a solução encontrada atenda muito bem os mais importantes e bem os menos importantes. Pode acontecer que se exija que a solução estrutural seja, em primeiro lugar, econômica, em segundo, bonita, em terceiro, fácil de construir, e assim por diante. **É função de quem concebe a estrutura fazer com que, apesar de hierarquizados, os requisitos sejam atendidos da forma mais eficiente possível** (REBELLO, 2000)[grifo nosso].

Deve-se levar em conta inúmeros condicionantes na composição e elaboração do projeto arquitetônico, tais como: dimensões funcionais, bioclimáticas, econômicas, expressivas, vivenciais, topoceptivas e, sobretudo humanas. Tendo realizado o correto levantamento, pesquisa e estudo prévio dos elementos constituintes do projeto, o arquiteto terá subsídios para combinar dados e informações de forma a orientá-lo na melhor escolha ou decisão.

A exemplo disto, Rebello (2006 p. 59) quando compara o sistema de viga treliçada, viga vierendeel e viga vagão no livro *Arquiteturas da Engenharia ou Engenharias da Arquitetura*, sentencia que "em princípio, a treliça é mais econômica que uma vierendeel, por consumir menos material, e menos econômica que uma viga-vagão, por apresentar quantidade maior de barras, as diagonais. Cada uma das soluções apresenta vantagens e desvantagens; conhecê-las permite a escolha mais correta para cada situação de projeto".






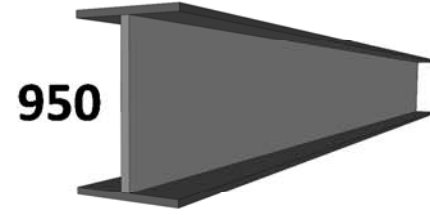
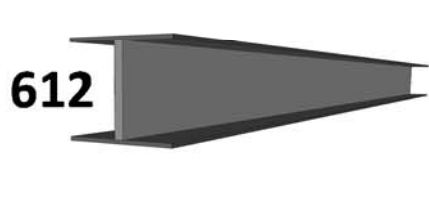
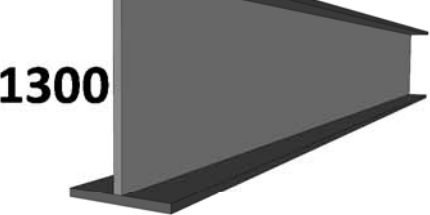
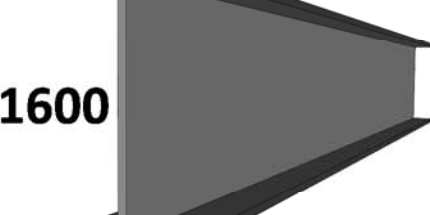
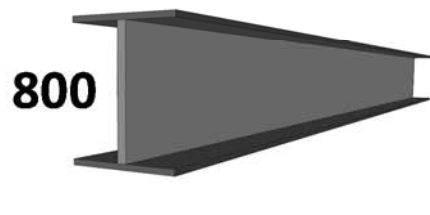
Neste momento não cabe a decisão estritamente lógica e racional. Em conjunto, pode e deve coexistir a capacidade intuitiva do arquiteto corroborando a escolha da melhor solução sob a condição do que é possível ser concretizado. O projetista deve julgar o papel da estrutura e suas implicações na arquitetura, o potencial que a estrutura e seus elementos, pilares, lajes e, sobretudo as **vigas**, têm para qualificar o projeto em sua função precípua.

Contudo, é forçoso afirmar que nunca será possível o pleno atendimento de todos estes quesitos de projeto. Cabe ao profissional realizar a meta reflexão sobre todas as variáveis do jogo arquitetônico a fim de que sejam atendidos os condicionantes da maneira mais eficiente possível. Cabe aqui ressaltar a frase do arquiteto franco-suíço, um dos maiores expoentes da arquitetura do século XX, Le Corbusier: "arquitetura é o jogo primoroso, correto e magnífico de massas reunidas na luz".

Assim sendo, as conclusões e diretrizes retiradas dos estudos de caso seguem este ordenamento de raciocínio. Foram analisados e avaliados todas as proposições para o estabelecimento de uma diretriz correspondente a cada solução estrutural estudada. A partir deste ponto foi possível determinar a melhor escolha arquitetônica para cada projeto em particular.

A tabela a seguir compila os dados e informações de todas as análises e proposições do primeiro estudo de caso (**Sede da Caixa Central de Alocações Familiares**). Nela foram adotados os critérios de avaliação **consumo de matéria prima (aço)** e **custos totais** e servirão de referência às conclusões e à escolha do melhor arranjo para o edifício.

Tabela 10: Sede da Caixa Central de Alocações Familiares em Paris. Tabela Geral Consolidada das Vigas A1, A2, A3, A4 e A5. Critério consumo de aço e custo total das vigas. Programa Editor de Planilhas Microsoft Excel.

Critério Consumo de Aço (Kg) - Custos Totais						
		Viga A1 Análise do Arranjo Construído	Viga A2	Viga A3	Viga A4	Viga A5
Parâmetros						
		 950	 612	 1300	 1600	 800
Critério Empírico	Vão L/20	480 mm	619 mm	1.035 mm	518 mm	748 mm
Altura Viga	Balanço L/10	580 mm	441 mm	-	1.060 mm	625 mm
Tabela Bitola		VS950x194	VW610x125	VS1300x299	VS1600x328	VS800x173
Peso Linear Perfil		193,90 Kg	125,00 Kg	299,30 Kg	328,40 Kg	172,70 Kg
Altura Seção - d		950 mm	612 mm	1.300 mm	1.600 mm	800 mm
Base Seção - bf		350 mm	229 mm	450 mm	500 mm	320 mm
Área Seção		247,0 cm²	160,1 cm²	381,3 cm²	418,4 cm²	220,0 cm²
Comprimento - L		21,20 m				
Peso Total (1)		4.110,68 Kg	2.650,00 Kg	6.345,16 Kg	6.962,08 Kg	3.661,24 Kg
Custo Aço p/ Kg (2)		R\$ 11,00				
Custo Total da Viga		R\$ 45.217,48	R\$ 29.150,00	R\$ 69.796,76	R\$ 76.582,88	R\$ 40.273,64

(1) 7.850 Kg/m³. (2) Custo do Kg do aço (matéria prima + mão de obra): R\$11,00. Preços praticados no mercado do Distrito Federal. Descrição Insumos: aço laminado A 36, em perfis laminados a quente, segundo ASTM A 36, peças simples, para aplicações estruturais. tinta de fundo de secagem rápida, formulado com resinas alquídicas modificadas e fosfato de zinco; equipamentos e elementos auxiliares para soldagem elétrica; oficial de 1ª montador de estrutura metálica; ajudante de montador de estrutura metálica; 2% meios auxiliares e 3% custos indiretos.

Na análise comparativa do arranjo original construído, proposição **A1**, percebe-se que houve uma intenção implícita dos arquitetos e dos engenheiros projetistas do Edifício Sede da Caixa Central de Alocações Familiares em aliviar os esforços no vão central com balanços simétricos, isto é, buscou-se equilibrar os momentos fletores. Dessa forma, o resultado foi uma seção de viga com altura (d) de **950mm**. Não se sabe ao certo quais foram os critérios e parâmetros utilizados para a definição das cotas de afastamento adotadas entre os apoios. De certo, a decisão, mesmo tendo provocado somente momentos negativos, como pode ser conferido na **Figura 85**, não foi necessário considerável aumento da altura da seção da viga, mais ainda, maior consumo de aço em relação às outras proposições. O custo unitário da viga foi de R\$45.217,48 e o peso próprio foi de 4.110,68Kg.

Na proposição **A2** afastando-se os dois pilares **1,39m** em direção às extremidades obteve-se um ótimo equilíbrio dos momentos e uma seção bem menor em relação à proposição original do edifício, qual foi: **612mm** de altura (d). A viga pesa 2.650,00kg e seu custo é de R\$29.150,00. Ocorre que em razão desta configuração o afastamento entre os pilares e a fachada (extremidades da viga) foi de 4,41m, 1,39m menor que o original. Esta distância deve ser muito bem conferida e avaliada pelo projetista na medida em que influi diretamente na arquitetura de interiores que, de um modo geral, segue a orientação e disposição dos pilares. Esta proposição de arranjo foi a que melhor atendeu os critérios de consumo de aço e custos totais.

Os arranjos de viga **A3** e **A4**, vão livre e 01 balanço de 10,60m, respectivamente, foram os que mais necessitaram de altura de seção (1.300mm e 1.600mm) devido aos esforços do momento fletor e da flecha demasiada. No primeiro caso (A3), o resultado obtido foi ocasionado em grande monta pelo momento positivo no centro da viga e no segundo (A4), foi devido ao momento negativo sobre o pilar central e, principalmente, à flecha excessiva presente na extremidade da viga. Para suportar

estes esforços, fez-se necessário maior altura do perfil e, em consequência disto, maior consumo de aço e acréscimo no peso. Os pilares, mais próximos do térreo são, basicamente, dimensionados em função das cargas atuantes. Como houve acréscimo do peso próprio das vigas, os pilares deverão ser dimensionados para suportar o aumento das cargas; o mesmo ocorrerá com as fundações. As vigas das proposições **A3** e **A4** pesam 6.345,16Kg e 6.962,08Kg com custos de R\$69.796,76 e R\$76.582,88, respectivamente.

As maiores justificativas pela adoção desta tipologia de arranjo são os possíveis ganhos espaciais no interior do edifício, ou seja, na maior variedade de Plantas de Uso³⁹ onde mudanças poderiam ser efetuadas sem grande interferência dos pilares. Por outro lado, se houvesse a exigência de manutenção da cota de coroamento do prédio, haveria diminuição do pé direito devido à grande altura das vigas.

No último caso de arranjo viga e pilar, **A5**, em que há presença de apenas 01 balanço de 6,25m, os momentos equilibrados sobre o pilar e no vão único produziram uma seção de viga com **800mm** de altura, um pouco além do valor da proposição **A2** se comparado às demais proposições que ultrapassaram 1m de altura. A viga A5 conjuntamente com as vigas A2 e A3 foram as proposições em que o primeiro perfil de viga definido pelo módulo de resistência (W) passou pelos testes imediatamente, ou seja, o perfil de viga indicado pelo módulo foi suficientemente resistente às flechas. A viga **A5** pesa 3.661,24Kg e o seu custo total de R\$40.273,64.

Previamente às conclusões deste primeiro estudo de caso, alguns conceitos (princípios) arquitetônicos gerais e outros específicos de projeto devem ser anotados para justificar a escolha do arranjo ideal, os quais são:

³⁹ Termo criado pelo autor. Usualmente chamada de Planta de Layout. Não é possível uma tradução direta do termo em inglês para o contexto da arquitetura. Tampouco, inexistente uma nomenclatura definida pelas normas técnicas motivo pelo qual decidiu-se pela melhor definição conceitual do termo em inglês.

- a) Rigor aos paradigmas da arquitetura praticada no período;
- cânone modernista⁴⁰: planta livre, fachada livre, pilotis, terraço jardim, janelas em fita;
 - apelo ideológico;
 - inovações tecnológicas.
- b) Pontos chave para organização efetiva de uma planta baixa.
- gerenciamento das conexões entre os espaços centrais e os espaços vazios;
 - correto exame das circulações. Isto implica dizer que os espaços centrais onde ocorrem as funções fundamentais do edifício (escadas de incêndio, sanitários, passagens de elevador, depósitos, espaços mecânicos, dentre outras) devem conectar-se de maneira prática e agradável com os espaços vazios onde ocorrem as funções específicas do programa de necessidades (salas dos funcionários, administrações, diretorias, auditórios, almoxarifado, salas de reunião, centrais de tecnologia, biblioteca, arquivo, dentre outras). A circulação deve ser franca e deliberada.

Definidos e apontados os critérios arquitetônicos práticos e subjetivos do projeto em questão, pôde-se chegar às seguintes conclusões:

- a)** As proposições **A3** e **A4** são as que detêm as maiores alturas de viga, consumo de aço, peso e os mais altos custos. Mesmo possibilitando maior flexibilidade nas plantas de uso não são apropriadas para uma solução estrutural satisfatória pois têm custos, aproximadamente, 2,5 vezes maior que a proposição **A2**. O excesso de peso próprio das vigas gera desdobramentos

⁴⁰ Não implica, necessariamente, que foram adotados todos os cinco pontos da arquitetura modernista neste projeto, objeto do estudo de caso.

na estrutura recrudescendo os custos da edificação. Além disso, os pilares situados nas extremidades da viga forçariam uma outra solução de fachada alterando o partido "curtain wall" (parede cortina) preconizado no edifício.

b) As proposições **A2** e **A5** são as que consomem menor quantidade de aço, possuem menor peso próprio e, conseqüentemente, os menores custos. A princípio, os dois arranjos atendem muito bem a maior quantidade de condicionantes do projeto. Algumas diferenças são elencadas a seguir para a escolha da melhor proposição:

- A proposição **A5** que possui um pilar na extremidade da viga, obriga que uma das fachadas principais do edifício (longitudinal) seja modificada para outro tipo de solução que não a da parede cortina. Se o edifício for corretamente orientado⁴¹ pelos projetistas, uma destas fachadas deve ficar voltada para o norte e deve receber um tratamento especial para suportar as baixas temperaturas dos ventos provenientes do ártico no período de inverno. A outra fachada oposta à esta pode seguir o partido "curtain wall" adotado originalmente uma vez que fica voltada para o sul, orientação esta que deve abarcar o máximo de ganho térmico durante o período de inverno a fim de reduzir o uso de sistemas de calefação.
- A proposição **A2** adequa-se perfeitamente às soluções de fachada originais pois mantém os dois balanços nas extremidades. Por outro lado, os afastamentos entre os pilares e a fachada são menores que os afastamentos presentes (originais) no edifício forçando algumas alterações e ajustes de planta. Estas alterações por sua vez podem ser consideradas

⁴¹ Referência feita aos condicionantes bioclimáticos a serem considerados na implantação (orientação) do edifício.

quase desprezíveis uma vez que a distância de 4,41 metros (balanços) é consideravelmente grande para ótimos aproveitamentos de espaço.

Observa-se que as duas proposições **A2** e **A5** atendem muito satisfatoriamente os condicionantes pré-determinados. Cabe ao arquiteto decidir pela solução que se apresente mais adequada dentro do contexto.

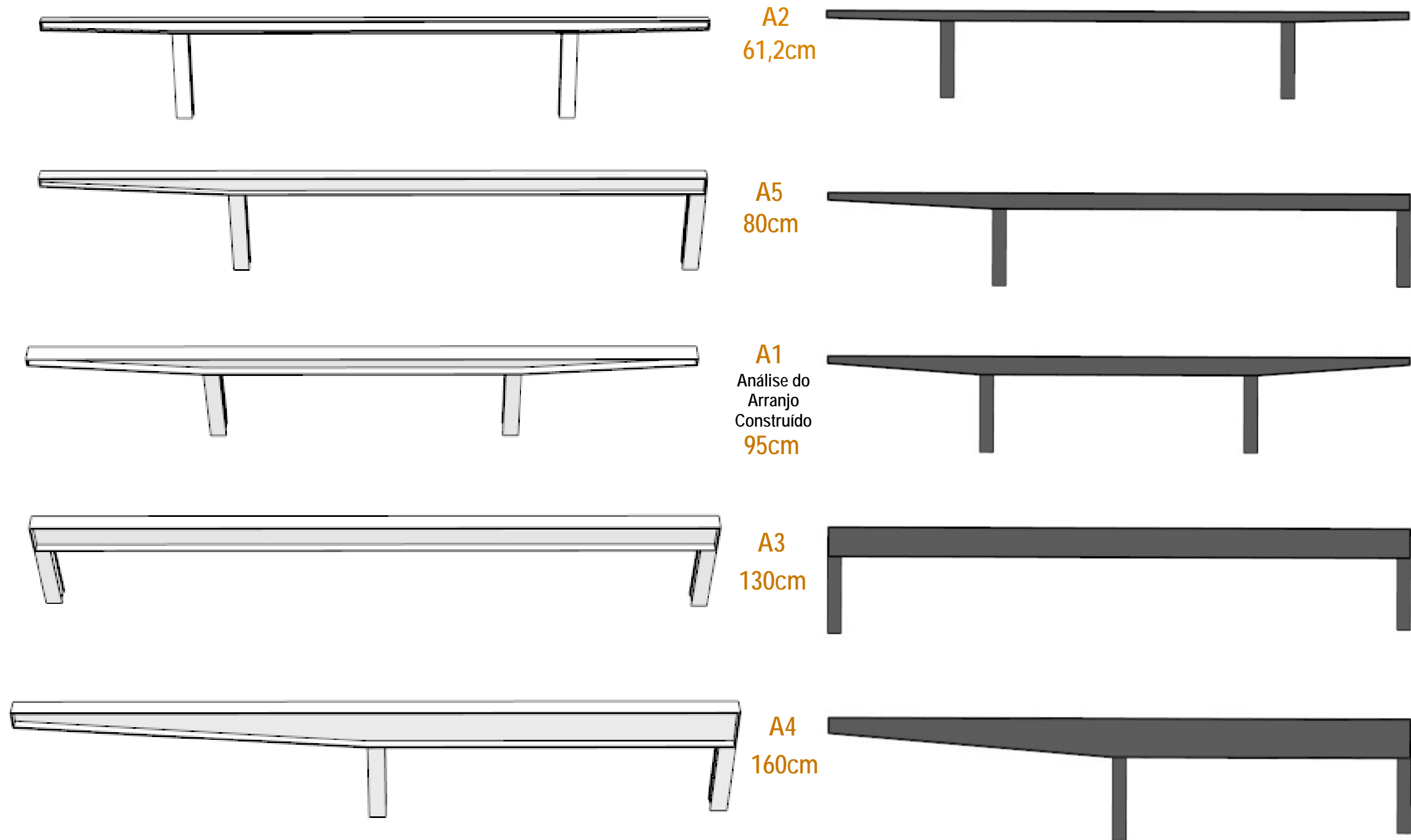
Na **Figura 102** podem ser observadas todas as proposições analisadas para o Edifício Sede da Caixa Central de Alocações Familiares que foram organizadas de forma crescente em relação às alturas de viga.



Figura 100: Edifício principal da Sede da Caixa Central de Alocações Familiares, Paris, 1955-1959. Raymond Lopez e Marcel Réby.
Fonte: Internet domínio público.



Figura 101: Edifício principal da Sede da Caixa Central de Alocações Familiares.
Fonte: Internet domínio público.



Viga de Aço – Comprimento 21,20 metros – Perfil I- Carga 5.000 Kg/m

Figura 102: Detalhe das vigas. Proposições A2, A5 A1, A3 e A4 em ordem crescente de altura de seção, 61,2cm, 80cm, 95cm, 130cm e 160cm, respectivamente.

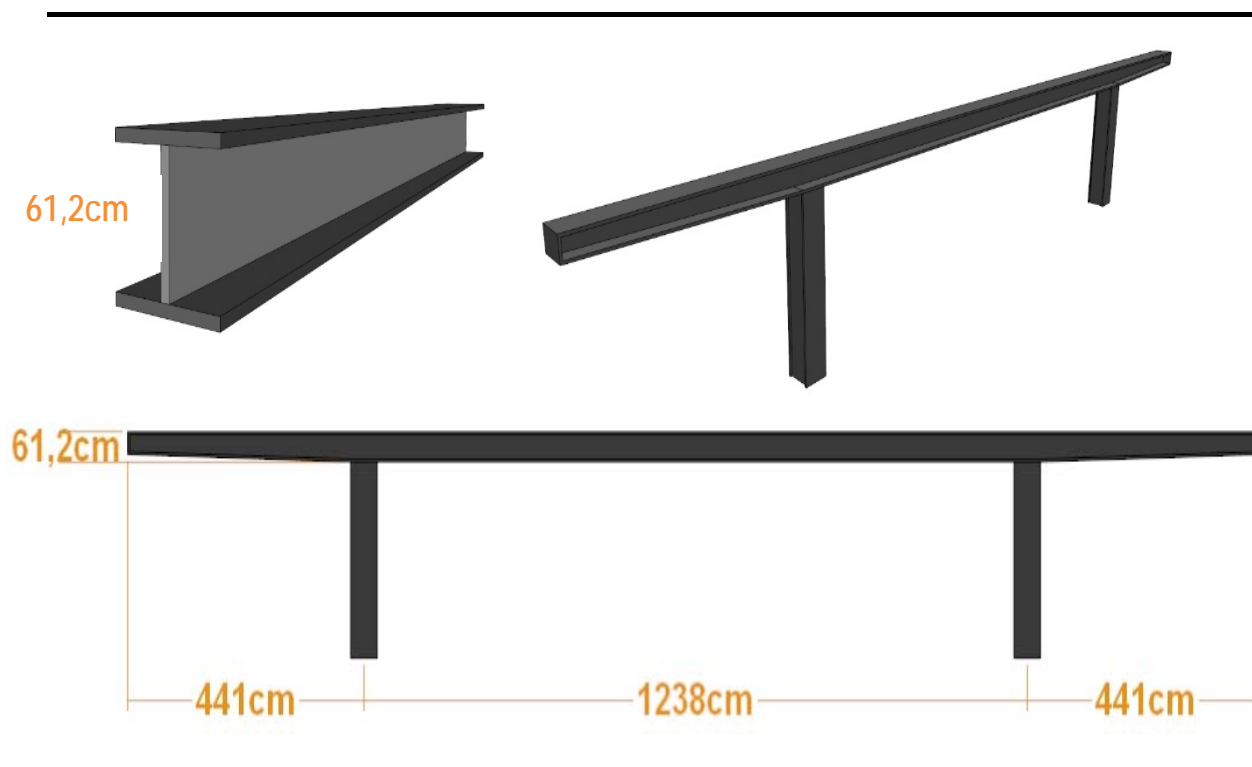


Figura 103: Detalhe Viga **A2**. Altura (d) = 612mm.
Equilíbrio do Momento Fletor. Desenho do autor. Programa SketchUp.

Por fim, diante de todas as premissas elencadas e de todas as análises realizadas, o arranjo do tipo **A2** mostrou-se o mais adequado para a solução de viga e pilar. Portanto, com uma alteração dos balanços de 5,80m para 4,41m, perfazendo uma diferença de **1,39m**, obteve-se um melhor equilíbrio dos momentos fletores resultando numa seção (altura) de viga mais delgada. Esta característica conferiu enorme esbelteza à viga **A2** (**Figura 103**) que quando comparada à análise da viga construída **A1** demonstrou os resultados que podem ser conferidos na **Tabela 11** para 13 repetições de viga em 09 pavimentos.

Nesta tabela de resultados comparativos, pode-se observar uma diferença de **35,53%** entre as duas proposições. A viga **A2** é **1.460,68Kg** mais leve que a viga **A1**. No conjunto em que ocorrem **13 repetições** de viga em **09 pavimentos** totalizando **117 unidades**, a menor altura de viga gerada pelo arranjo dos pilares **A2**

proporcionou um ganho de **170.899,56Kg** no peso total da edificação.

Com relação aos custos, a viga **A1** é **R\$16.067,48** mais cara que a viga **A2** o que significa dizer que na edificação como um todo e com a adoção do arranjo **A2**, é possível economizar **R\$1.879.895,16**, ou seja, aproximadamente 1,9 milhões de reais. Este resultado implica em uma considerável economia de matéria prima gerando resultados de cunho ambiental consideráveis. Estes ganhos afetam o custo total da edificação e podem ser repassados no preço final do imóvel.

Tabela 11: Tabela de Resultados Comparativos entre as vigas A1 Original e A2.

Resultados Comparativos Vigas A1 e A2			
13 repetições de Viga x 09 Pavimentos = 117 unidades			
Parâmetros	Viga A1 Análise do Arranjo Construído	Viga A2	DIFERENÇA A2 - A1
Tabela Bitola	VS950x194	VW610x125	35,53%
Altura Seção - d	950 mm	612 mm	
Peso Unitário	4.110,68 Kg	2.650,00 Kg	1.460,68 Kg
Custo Unitário	R\$ 45.217,48	R\$ 29.150,00	R\$ 16.067,48
PESO TOTAL DAS VIGAS	480.949,56 Kg	310.050,00 Kg	170.899,56 Kg
CUSTO TOTAL DAS VIGAS	R\$ 5.290.445,16	R\$ 3.410.550,00	R\$ 1.879.895,16

8.2 EDIFÍCIO TOURING, BRASÍLIA

No estudo da seção anterior, foram analisados o arranjo construído de viga e pilar e mais quatro proposições diferentes. No caso do Edifício Touring será dada ênfase não e tão somente aos cálculos mas também à **questão formal (formato) das vigas como resultantes indiretos do desenho do diagrama de momento fletor gerado pela disposição dos apoios**, dado que foi este o partido e a solução estrutural incomum adotada por Oscar Niemeyer. Seria demasiado e repetitivo o mesmo tipo de análise de cálculos deferida no caso do edifício em Paris, pois seguiriam o mesmo método e apresentação aplicados anteriormente.

Assim sendo, será analisado apenas o arranjo construído do edifício para que possa ser claramente compreendido o motivo do desenho da viga escrita por Oscar Niemeyer. Em função deste arranjo, seguindo-se o mesmo raciocínio do estudo de Paris e com a análise das mesmas quatro configurações de pilar, serão deduzidos novos desenhos de viga e, concomitantemente, a altura aproximada da seção correspondente. Este procedimento fará com que o leitor apreenda mais claramente a relação entre a locação dos apoios, a altura da viga e o "melhor desenho" que poderia ser adotado como solução de viga.

Oportuno destacar a dificuldade encontrada durante a pesquisa de levantamento (aferição) da arquitetura e da estrutura do edifício. O prédio atualmente encontra-se em reforma não sendo permitida a entrada no local para a coleta de medidas e registro de imagens. Por meio de duas visitas junto a Administração de Brasília foi possível acessar a microfilmagem das plantas originais, porém, nela apenas constavam os fotogramas do projeto de arquitetura e, tampouco, estavam completos. Juntou-se à este problema, o fato de que os serviços de visualização, reconhecimento e digitalização da microfilmagem foram realizados por uma empresa terceirizada que cobrou uma taxa exorbitante para cada fotograma selecionado. Cabe ressaltar

que o material é de domínio público e que o acesso e a utilização deveriam ser gratuitos ou, no mínimo, com valores compatíveis.

É lamentável o descaso do poder e dos agentes públicos com relação ao patrimônio tombado da Capital. A catalogação e manutenção das plantas originais é de fundamental importância para a preservação do edifício bem como para subsidiar o trabalho de pesquisadores, arquitetos, historiadores, dentre outros. O ínfimo material remanescente está em risco. O resgate do passado da cidade e as transformações por ela sofrida ao longo do tempo permitem a compreensão da problemática da urbe moderna e, mais ainda, possibilitam um planejamento mais seguro e adequado para as gerações futuras. Ainda assim, mesmo diante dessa problemática, foi possível uma eficiente leitura e aferição do edifício graças à notória qualidade dos partidos arquitetônico e estrutural concebidos por Oscar Niemeyer.

Desta forma, o levantamento da arquitetura e da estrutura foi realizado com o romaneio de imagens adequadamente escalonadas no AutoCad, fotogramas das plantas originais e coletas de medida feitas *in loco* na única área de circulação pública disponível e que liga o pavimento superior do edifício ao pavimento térreo que por sua vez interliga-se à rodoviária.



Figura 104: Detalhe das lajes e das vigas de cobertura.
Fonte: Internet domínio público.

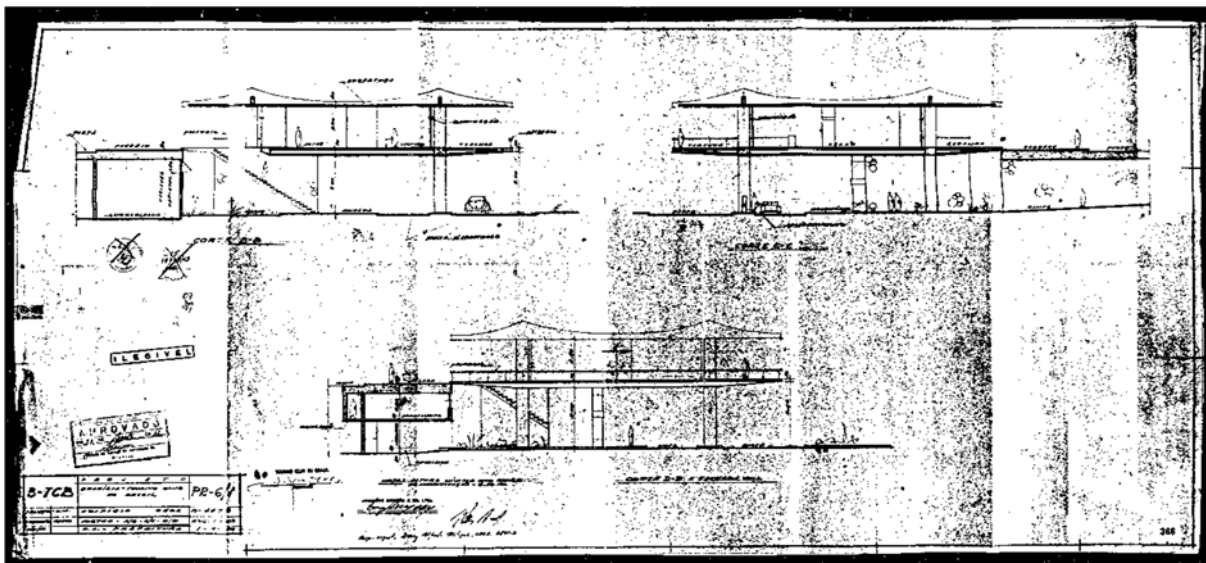


Figura 105: Fotograma original, arquitetura.
Fonte: Administração de Brasília.

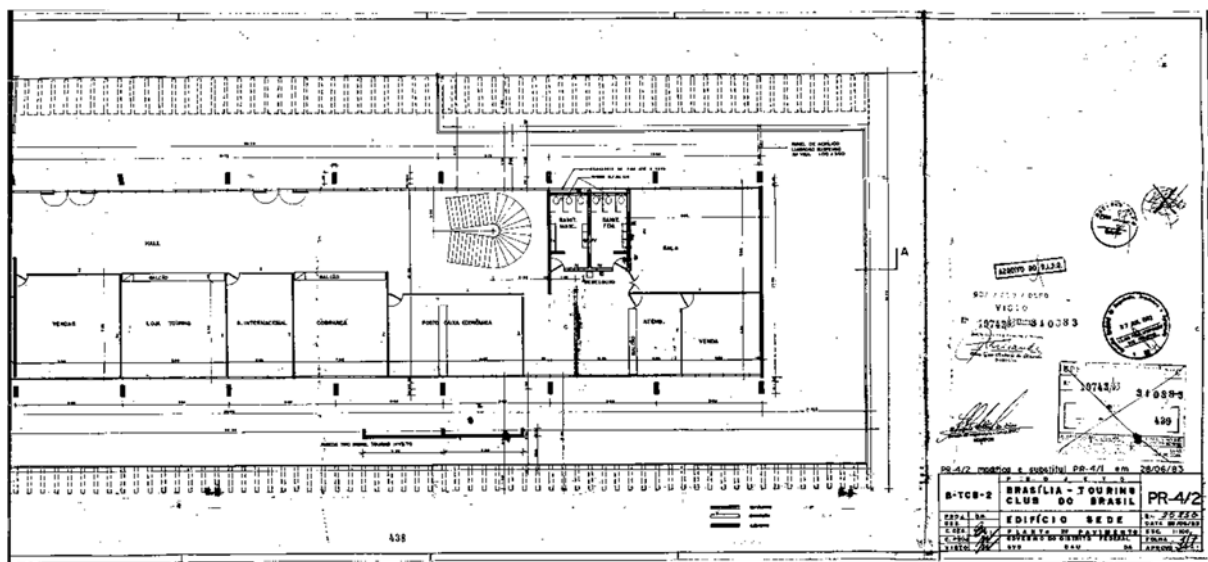


Figura 106: Fotograma original, arquitetura.
Fonte: Administração de Brasília.



Figura 107: Detalhe Pilares, Viga Mestra e Vigas Transversais.
Fonte: Imagem do Autor.



Figura 108: Detalhe da base das Vigas Transversais.
Fonte: Imagem do Autor.



Figura 109: Detalhe vínculo pilar x Viga Mestra e Viga Mestra x Pilar.
Fonte: Imagem do Autor.



Figura 110: Detalhe da altura da Viga Mestra aparente no conjunto.
Fonte: Imagem do Autor.

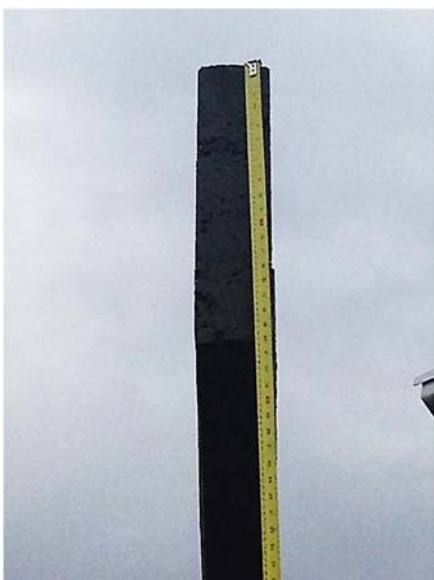


Figura 111: Detalhe da ponta da Viga Transversal - Medição *in loco*.
Fonte: Imagem do Autor.



Figura 112: Detalhe da Viga Transversal.
Fonte: Imagem do Autor.

O Edifício Touring foi construído durante os anos de 1964 a 1967 e está localizado na zona central de Brasília em lote simetricamente oposto ao Teatro Nacional, área nobre e de grande importância local. Para servir a escala gregária definida no relatório do plano da Capital (1957), Lúcio Costa instituiu as áreas imediatamente contíguas ao cruzamento dos eixos rodoviário e monumental para atividades de lazer e diversão bem como a construção da rodoviária. Outrossim, definiu que não haveriam edificações sobre a grande plataforma que liga os dois conjuntos

comerciais norte e sul, exceto por uma edificação na parcela sul que poderia ser uma "casa de chá" e da "ópera". Este edifício faria a ligação entre os diferentes níveis existentes no local e também a interface entre diferentes zonas urbanas (IAB, et al., 2010).

Oscar Niemeyer imbuído destes condicionantes, projetou um edifício baixo, longilíneo e avarandado, entenda-se discreto, de modo a não interferir ou, pelo menos, com o mínimo de interferência na percepção da esplanada dos ministérios (**Figura 113**). De acordo com Lúcio Costa, um pavilhão "debruçado sobre os jardins do setor cultural". Possui aproximadamente 5.000m² de área⁴² em que um piso encontra-se no mesmo nível da praça central da cidade e o outro aproximadamente 6 metros abaixo promovendo uma importante ligação com a rodoviária.

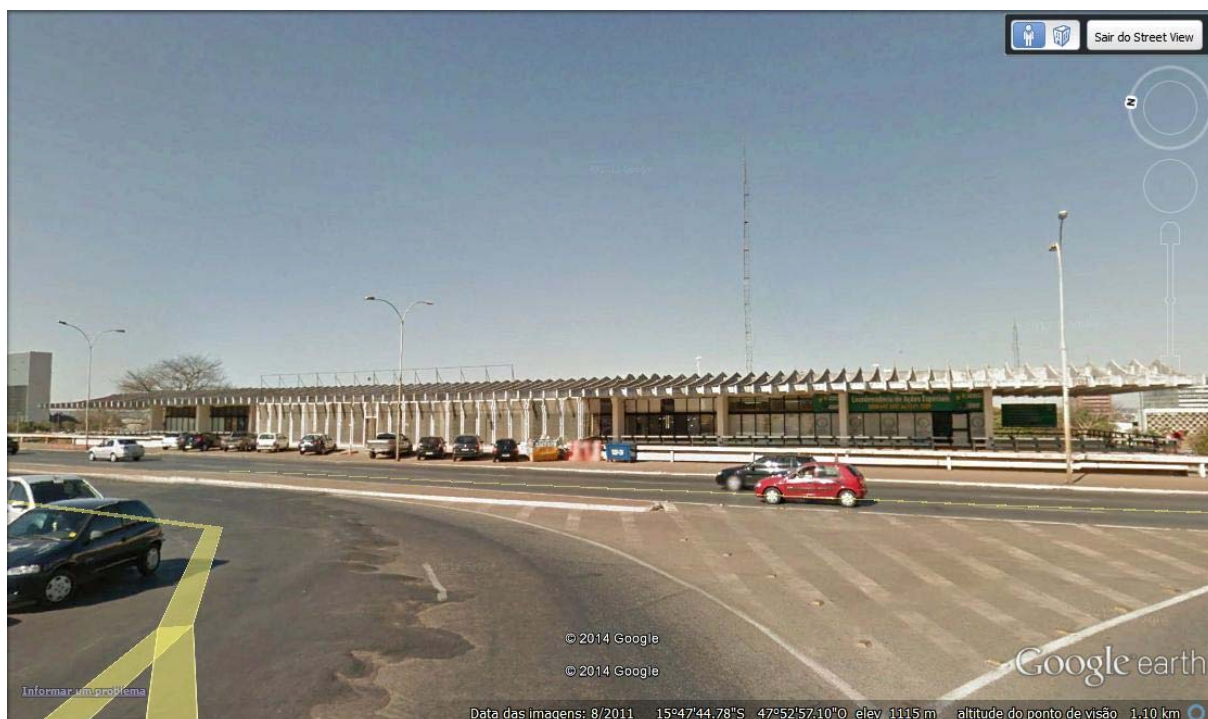


Figura 113: Edifício Touring de Brasília, 1963.
Fonte: Google Earth.

O sistema estrutural é inteiramente de concreto armado. O piso que dá para a plataforma superior é viabilizado por uma

⁴² Considerou-se os 2 pavimentos principais do edifício apenas. Não foram computadas as áreas de apoio que encontram-se no pavimento inferior adjacentes ao prédio.

grande laje maciça com caixão perdido que por sua vez está suspensa por um jogo de 11 pares de pilares que resultam do piso inferior. A cobertura do piso superior se dá por meio de uma laje maciça sustentada pelo mesmo conjunto de pilares e por um par longitudinal de vigas mestras que servem de apoio para um conjugado de 97 vigas transversais aparentes de pouca espessura (10cm), posicionadas (separadas) a cada 1 metro e de formato não convencional (**figuras abaixo**).

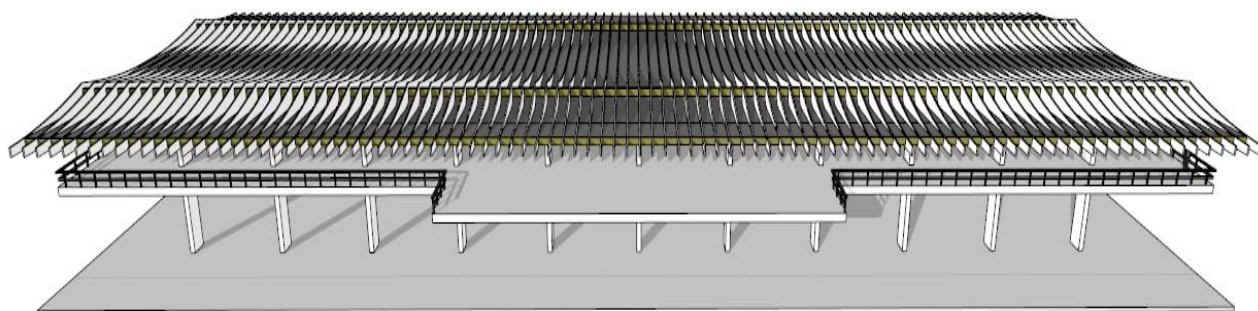


Figura 114: Detalhe do conjunto.
Fonte: Desenho do Autor.

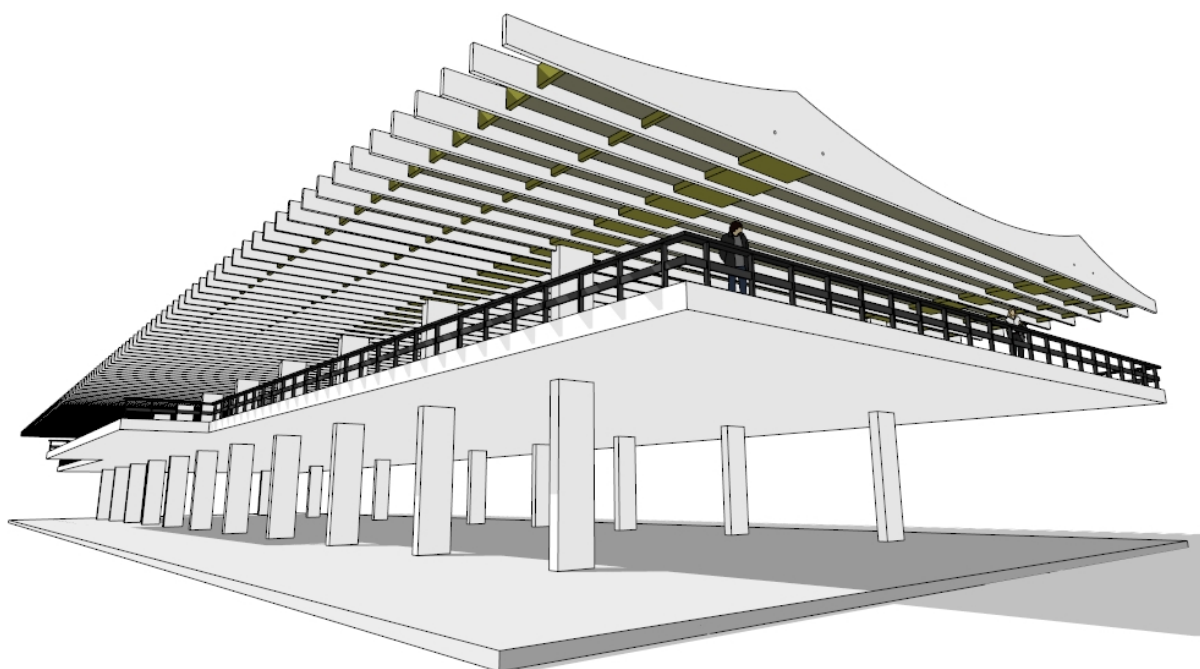


Figura 115: Detalhe dos pilares, vigas mestras e vigas transversais.
Fonte: Desenho do Autor.

O refinado desenho das vigas foi sugerido pelo diagrama de momento fletor em razão dos 2 balanços promovidos pelos pilares e será objeto deste estudo.

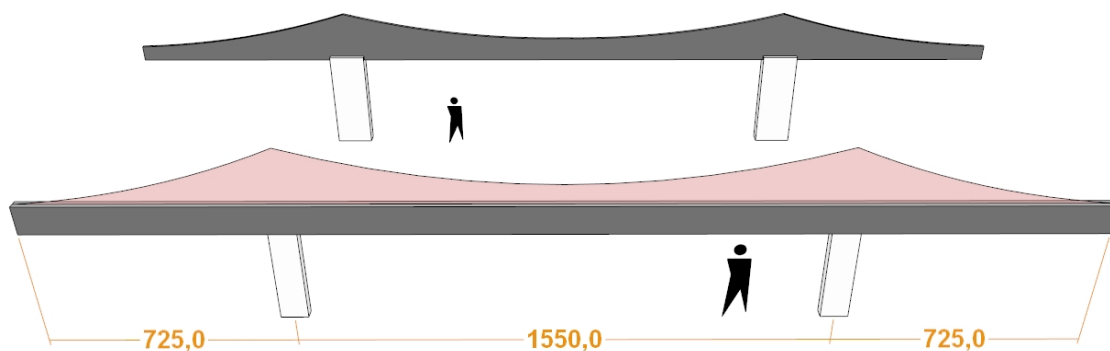


Figura 116: Detalhe da Viga sugerida pelo “desenho” do momento fletor e detalhe do Diagrama de Momento Fletor.
Fonte: Desenho do Autor.

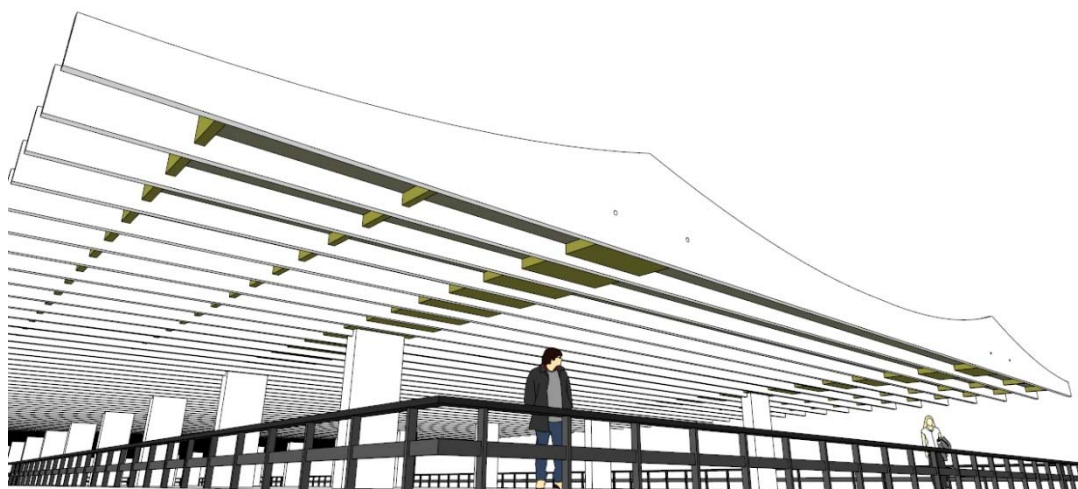


Figura 117: Detalhe da viga mestra e da Viga transversal objeto de estudo.
Fonte: Desenho do Autor.

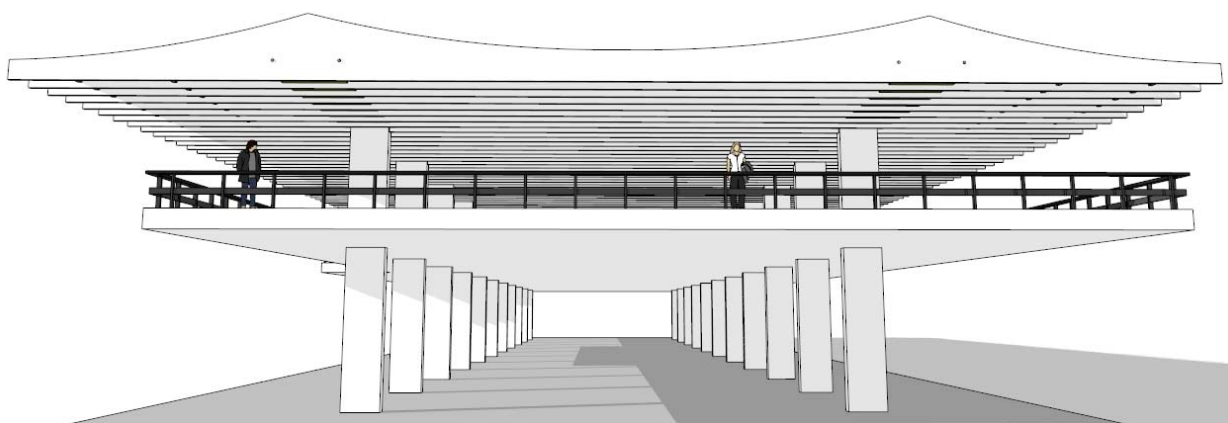


Figura 118: Detalhe do desenho da viga de estudo.
Fonte: Desenho do Autor.

A viga transversal construída possui 30 metros de comprimento, 1,70 metros de altura da base da seção até o ponto mais alto nos picos e espessura de 10 centímetros. Os 02 apoios encontram-se afastados 15,50 metros perfazendo 02 balanços simétricos de 7,25 metros cada (**Figura 119**).

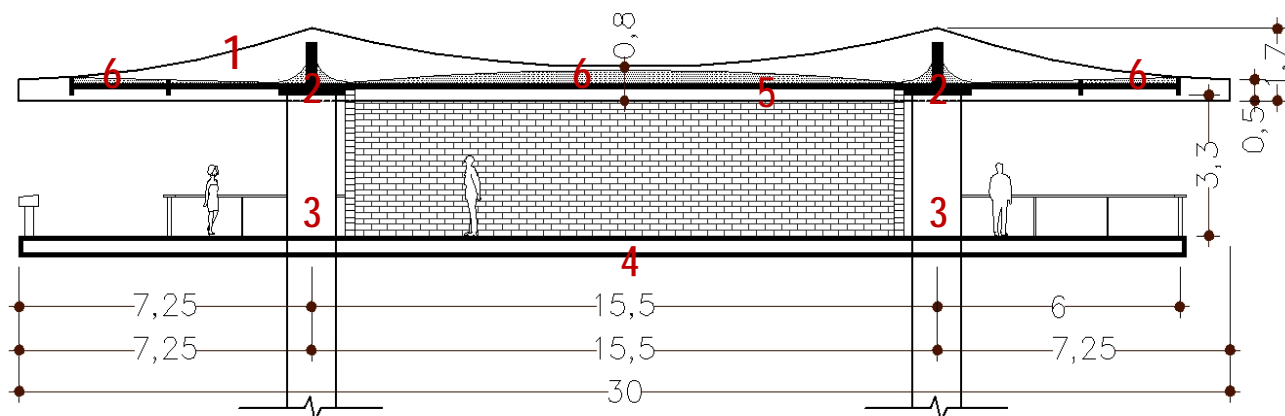


Figura 119: Corte Esquemático do pavimento superior.

Legenda: 1 - Viga cobertura (transversal); 2 - Viga mestra (longitudinal); 3 - Pilar; 4 - Laje piso do térreo caixão perdido; 5 - Laje maciça da cobertura do pavimento superior; 6 - Argamassa para caimento das águas pluviais. Cotas em metro.

Para os cálculos deste estudo de caso, considerou-se a norma **NBR 6120** - Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações.

a) Ações:

- **Ação Permanente Tramo Central**

- g1 Laje _____ 250 Kgf/m²
- g2.1 Revestimento Tramo Central* ___ 460 Kgf/m²
- q1 Carga Acidental _____ 100 Kgf/m²
- **Peso Total Tramo Central** _____ **810 Kgf/m²**

b) Ações:

- **Ação Permanente Balanços**

- g1 Laje (10cm) _____ 250 Kgf/m²
- g2.2 Revestimento Balanço* _____ 200 Kgf/m²
- q1 Carga Acidental _____ 100 Kgf/m²
- **Peso Total Balanços** _____ **550 Kgf/m²**

- **Largura (Faixa) de Influência**

- Laje _____ 1,00 m

- c) Por sobre a laje de cobertura verificou-se a existência de um caimento para escoamento das águas pluviais. Estes revestimentos(*) foram executados em concreto magro com a função de verter as águas coletadas pelas áreas de influência para os drenos localizados em cada par dos pilares de sustentação. Para efeito do cálculo da carga, foi tomada a média da altura do revestimento aplicado no tramo central e nos balanços;
- d) Para efeito do cálculo do peso próprio da viga que possui a geometria de uma parábola de 2º grau, optou-se por linearizar o carregamento de maneira a facilitar o estudo de caso. **(Figura abaixo);**

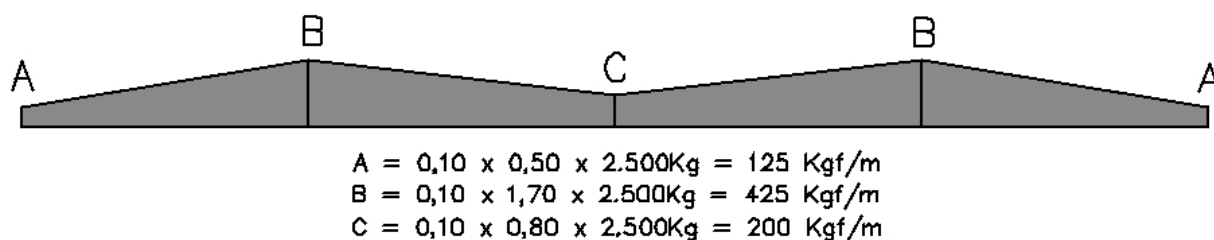


Figura 120: Cálculo do Peso próprio da viga transversal.
 Fonte: Desenho do Autor.

- e) Estrutura isostática;
- f) 01 vínculo articulado móvel e 01 vínculo articulado fixo;
- g) Para as análises de flecha, apenas a maior flecha dos tramos. Flechas positivas e/ou negativas não serão somadas;
- h) Considerar-se-á a Flecha x 2 devido ao fenômeno de deformação lenta característico do concreto;
- i) Resistência do concreto: **fck 200Kgf/cm².**

Carga total:

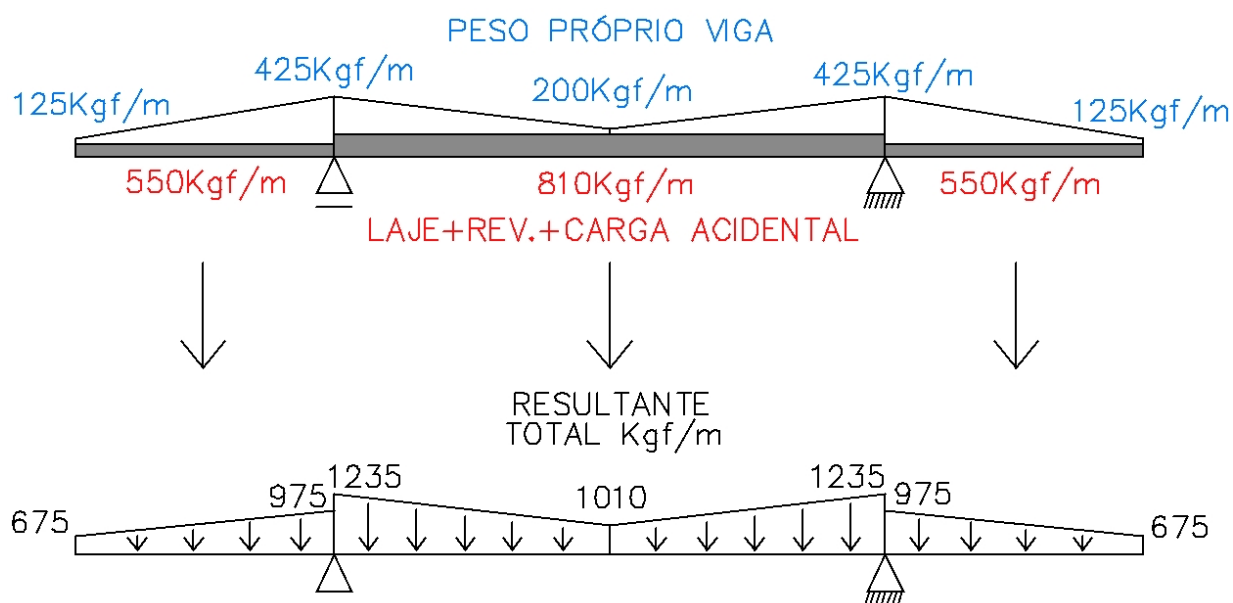


Figura 121: Carga Total resultante para efeito de cálculos.
Fonte: Desenho do Autor.

As conclusões específicas deste estudo de caso foram relatadas na **Subseção 8.2.1 - Critérios Baseados no Desenho Estrutural - A Diretriz (página 151)**.

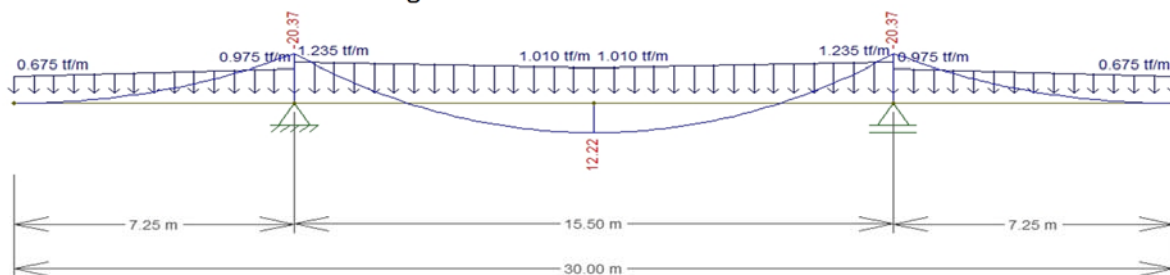
Em primeiro lugar, analisou-se por intermédio dos critérios empírico, de resistência e de flecha a proposição construída da viga e dos apoios para efeito de comparação com o desenho da viga adotada por Oscar Niemeyer.

O critério empírico indicou altura de 1,55 metros e a altura (h) retornada pelo critério da resistência foi de 82cm. O primeiro teste foi feito com a altura de **85cm** que não foi suficiente para atender ao critério da flecha. A altura de viga necessária para suportar as cargas bem como respeitar os limites da flecha foi de **90cm (Tabela 12)**. Comparando-se esta medida com a altura adotada pelo arquiteto, pode-se constatar que ficou bem abaixo da altura nos picos (1,70m).

Tabela 12: Tabela Consolidada Viga C1. Critério empírico L sobre 10, critério da resistência e critério da flecha.
Programa Editor de Planilhas Microsoft Excel.

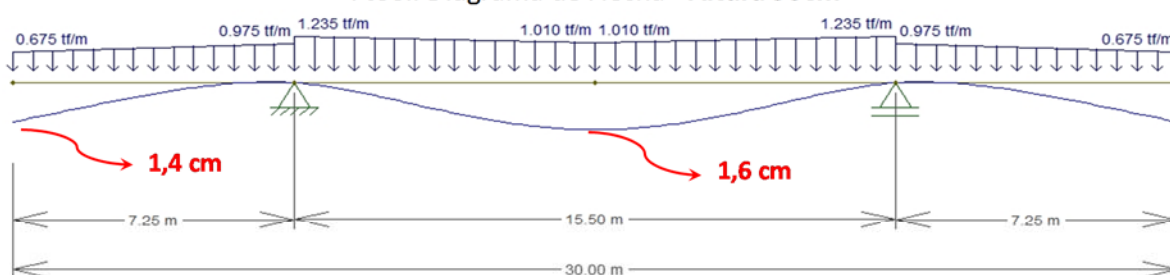
Viga C1 - Análise do Arranjo Construído - Concreto - Seção Retangular

Ftool: Diagrama de Momento Fletor - Altura 90cm



Critério l / 10		Critério Resistência (dmin)			
Maior Vão	L / 10	Base (b)	M _{máx}	d _{min}	Altura (h) + C1
m	m	cm	Kgf/m	cm	cm
15,5	1,55	10,0	20.370,0	79,0	82,0

Ftool: Diagrama de Flecha - Altura 90cm



Critério Flecha (f)					
Maior Tramo em Vão (cm)	Altura (h) Viga	Flecha	Flecha Ftools		Verificação
		L / 300	(f)máx	x2 (conc.)	
1.550,0	85,0 cm	5,2cm	1,9cm	3,8cm	OK
1.550,0	90,0 cm	5,2cm	1,6cm	3,2cm	OK
Maior Tramo em Balanço (cm)	Altura (h) Viga	Flecha	Flecha Ftools		Verificação
		L / 250	(f)máx	x2 (conc.)	
725,0	85,0 cm	2,9cm	1,6cm	3,2cm	NÃO PASSA!
725,0	90,0 cm	2,9cm	1,4cm	2,8cm	OK

Na proposição seguinte, os pilares foram locados nas razões de $3/5L$ e $1/5L$ para o vão central e para os balanços, respectivamente, com o intuito de subsidiarem e balizarem uma

primeira tentativa de equilibrar os momentos fletores positivo e negativo uma vez que estas razões ($3/5L$ e $1/5L$) somente são aplicáveis para cargas **uniformemente distribuídas**⁴³.

O momento fletor máximo sobre os apoios foi de 15.380Kgf/m e no vão central foi de 25.680Kgf/m. Percebe-se que a diferença foi considerável entre os dois valores forçando um novo ajuste na locação dos pilares a fim de aproximar os valores dos momentos positivos e negativos (**figura abaixo**).

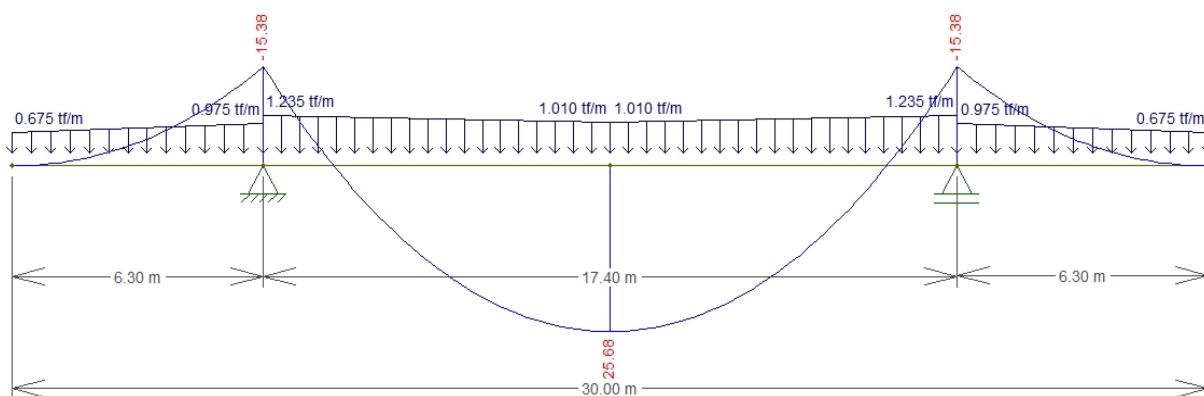


Figura 122: Diagrama de Momento Fletor. Primeira tentativa de equilibrar os momentos positivo e negativo.
Fonte: Programa Ftool.

Numa segunda tentativa com o intuito de diminuir o momento positivo do vão central, empiricamente, os pilares foram movidos 50cm no sentido do centro da viga e, conseqüentemente, aumentaram o comprimento dos balanços de 6,30 metros para 6,80 metros. Os momentos máximos desta proposição foram de 18.560Kgf/m e 17.920Kgf/m para o vão central e para os balanços, respectivamente, ou seja, ficaram aproximadamente equilibrados.

Novamente à planilha do Excel e inseridos os novos valores, foi possível, pelo critério empírico, constatar a altura de viga de 1,64 metros para o tramo central e de 80cm pelo critério da resistência. No programa Ftool foi aplicada a seção de viga de base igual a 10cm e altura igual a 80cm. Verificou-se que a flecha foi excessiva, praticamente o dobro do limite no vão central e nos balanços. A fim de cumprir os critérios estabelecidos, no Ftool aplicou-se a altura de viga de 90cm que

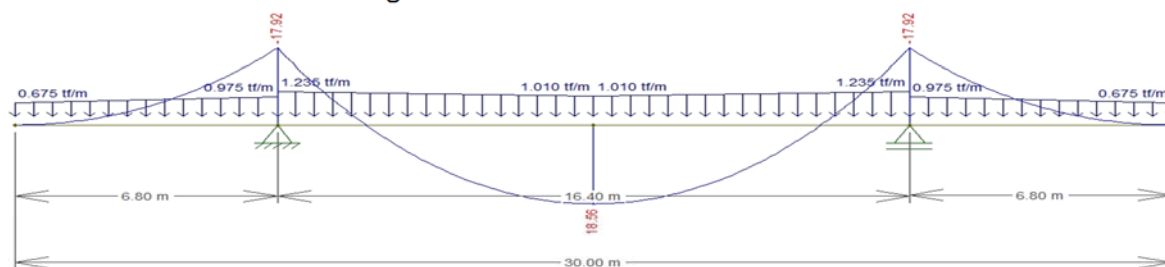
⁴³ As cargas deste estudo foram ajustadas para cargas linearmente distribuídas (ver **Figura 121**).

também não atendeu o limite da flecha. Mais uma tentativa foi realizada com a seção de **100cm** que, finalmente, passou no teste da flecha conforme pode ser conferido na tabela abaixo.

Tabela 13: Tabela Consolidada Viga C2. Critério empírico L sobre 10, critério da resistência e critério da flecha.
Programa Editor de Planilhas Microsoft Excel.

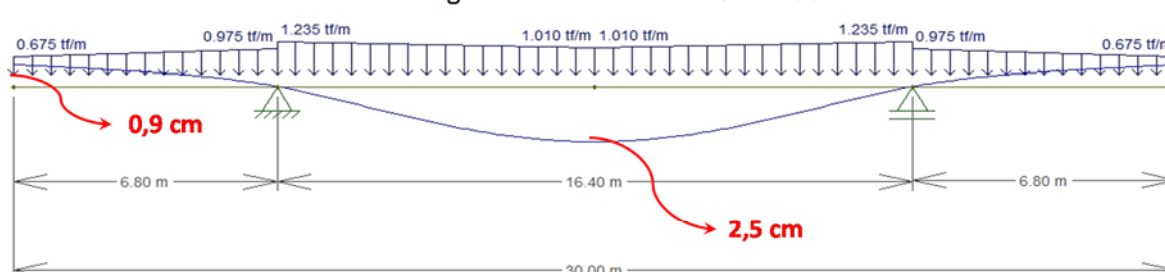
Viga C2 - Equilíbrio M. Fletor Ajustado - Concreto - Seção Retangular

Ftool: Diagrama de Momento Fletor - ALTURA 100cm



Critério L / 10		Critério Resistência (dmin)			
Maior Vão	L / 10	Base (b)	Mmáx	dmin	Altura (h) + C1
m	m	cm	Kgf/m	cm	cm
16,4	1,64	10,0	18.560,0	75,4	78,4

Ftool: Diagrama de Flecha - ALTURA 100cm



Critério Flecha (f)					
Maior Tramo em Vão (cm)	Altura (h) Viga	Flecha	Flecha Ftools		Verificação
		L / 300	(f)máx	x2 (conc.)	
1.640,0	80,0 cm	5,5cm	4,8cm	9,6cm	NÃO PASSA!
1.640,0	100,0 cm	5,5cm	2,5cm	5,0cm	O K
Maior Tramo em Balanço (cm)	Altura (h) Viga	Flecha	Flecha Ftools		Verificação
		L / 250	(f)máx	x2 (conc.)	
680,0	80,0 cm	2,7cm	1,9cm	3,8cm	NÃO PASSA!
680,0	100,0 cm	2,7cm	0,9cm	1,8cm	O K

8.2.1 CRITÉRIOS BASEADOS NO DESENHO ESTRUTURAL A DIRETRIZ

Ao se comparar a análise da viga construída **C1** que possui **90cm** de altura com a viga adotada por Oscar Niemeyer (1,70m da base ao pico), percebe-se que o arquiteto poderia ter aplicado um desenho mais esbelto, mais horizontalizado, ou seja, mais longilíneo com uma altura de viga menor sobre os pilares (picos).

A proposição de viga **C2** em que foram equilibrados os momentos fletores não resultou em ganhos para a altura da seção da viga uma vez que as cargas não eram uniformemente distribuídas. Ainda assim, demonstrou-se mais racional que a viga efetivamente construída já que sua altura ficou em 100cm contra a altura de 1,70 metros da base até o pico da viga executada.

Mantendo-se a lógica do desenho de projeto, na figura abaixo podem ser conferidas as características de cada uma das vigas.

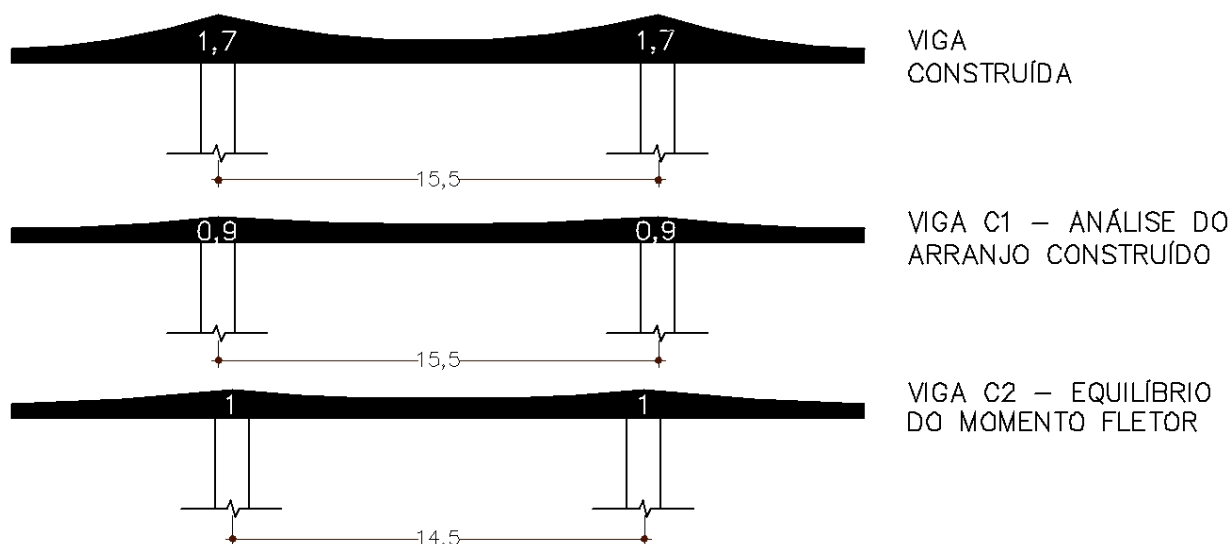


Figura 123: Análise comparativa entre as vigas.
Fonte: Desenho do Autor. Cotas em metro.

Há que se considerar que a proposição assumida por Oscar Niemeyer é claramente mais expressiva que as demais. Pode-se afirmar que tomou a decisão de demonstrar mais nitidamente as curvas da viga elevando os picos acima dos apoios. Se assim não

tivesse desejado, Oscar, inexoravelmente, teria tomado o partido da viga reta, da viga tradicional abrindo mão do desenho curvilíneo. Há um princípio muito comumente adotado e, de certa forma, consagrado pelos arquitetos de que as ideias arquitetônicas devem ser enfáticas no seu propósito, isto é, devem ser explícitas no conceito, no partido ou no desenho. De um modo geral, não é aconselhável que se fique "no meio do caminho", entre "o que é e o que poderia ser".

Oscar poderia ter aceitado a altura mínima necessária para o vencimento da cobertura elaborando um desenho "mais suave" da viga, porém, evidenciou o seu desenho a fim de fortalecer a pregnância do elemento e, de modo consequente, do conjunto edificado. Não buscou o belo estritamente pelo anseio da beleza. Sua intenção foi corroborar a expressividade plástica do edifício uma vez que é a dimensão que primeiramente é percebida pelo homem. As cidades são vivenciadas e apreendidas através da arquitetura, isto é, por meio da estética das fachadas, das elevações e das vistas dos edifícios.

Em conclusão, a decisão de Oscar Niemeyer ao assumir mais explicitamente o desenho da viga fez com que o conjunto edificado se tornasse mais belo e melhor perceptível na plataforma da cidade, justificando o investimento em matéria prima.

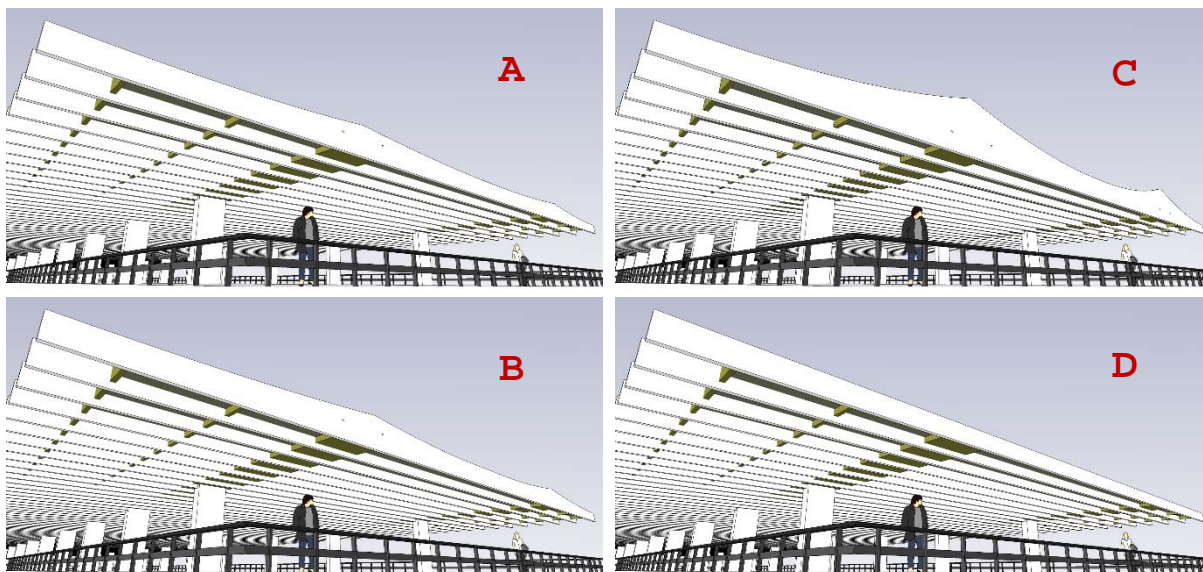


Figura 124: Compilação dos "desenhos possíveis" da viga.
A-Viga C1; B-Viga C2; C-Viga Construída; D-Viga Reta.
 Fonte: Desenho do Autor Programa SketchUp.

Niemeyer detinha enorme domínio dos conceitos estruturais e ao longo de sua carreira soube aplicá-los de maneira muito contundente em suas obras. A exemplo disto, o projeto do Iate Clube de Belo Horizonte. A seguir um trecho do memorial do projeto que confirma o seu objetivo.

A ideia predominante no projeto do Pampulha Iate Clube (Belo Horizonte) e que o caracteriza, foi a de encontrar um tipo de estrutura que permitisse grandes balanços, aumentando - conforme as conveniências de utilização - os espaços internos, ligando salas e jardins, num conjunto único e variado. Por isso, previmos duas fileiras de colunas sobre as quais se apoiam as vigas de cobertura, espaçadas no sentido transversal de metro em metro, e cuja seção atende às solicitações dos balanços que o projeto estabelece (PAMPULHA Iate Clube. Módulo, Rio de Janeiro, v.7, n.27, p.2, mar. 1962) [grifo nosso].

Figura 125: Iate Clube de Belo Horizonte.

Fonte: <<http://leonardofinotti.blogspot.com.br/2010/05/oscar-niemeyer-pampulha-yacht-club.html>> Acesso em 13 de novembro de 2014.



Figura 126: Diagrama do Momento Fletor.
Fonte: Programa Ftool.

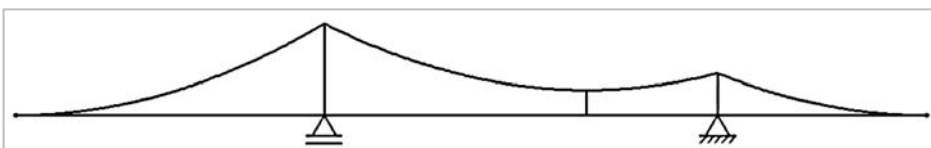
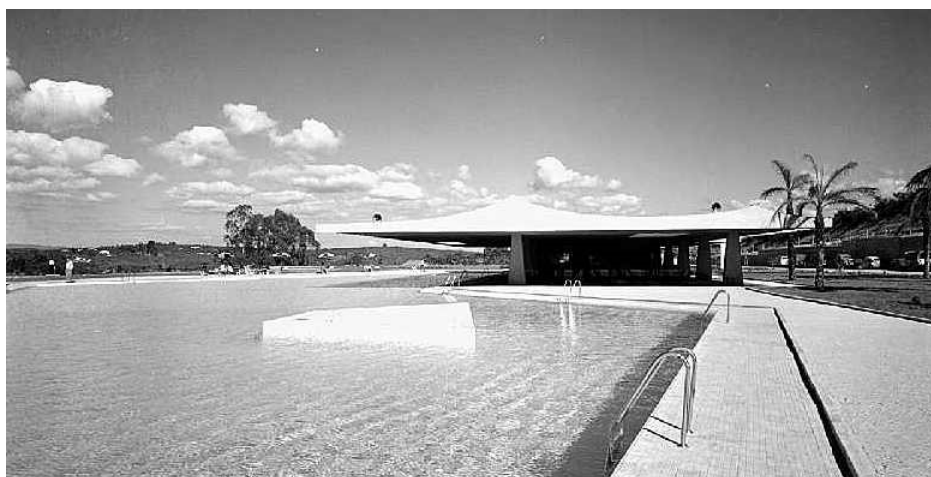


Figura 127: Iate Clube de Belo Horizonte.

Fonte: <<http://www.oscarniemeyer.com.br/obra/pro129>> Acesso em 13 de novembro de 2014.



Lúcio Costa foi imperativo no memorial de Brasília explicitando que o projeto do pavilhão onde posteriormente instalou-se o Touring do Brasil, deveria ser uma "casa de chá e de ópera debruçada sobre os jardins do setor cultural", motivo pelo qual Oscar Niemeyer implementou generosas varandas ao longo de todo o edifício. Uma dessas varandas ficaria voltada para a esplanada dos ministérios e a outra para a plataforma central. Estes espaços são de essencial importância no projeto pois têm a função de promover a ligação do núcleo interno do prédio com a plataforma central e com a bela vista da Esplanada. Seria equivocado se pensar num partido diverso à este.

Estes argumentos mais uma vez vieram à tona para que, a título de um exercício projetual, pudessem ser analisadas outras disposições de pilar, alturas de viga e os respectivos desenhos uma vez que estas propostas alterariam radicalmente o partido arquitetônico avarandado do projeto de Oscar.

Os exemplares podem ser conferidos a seguir.

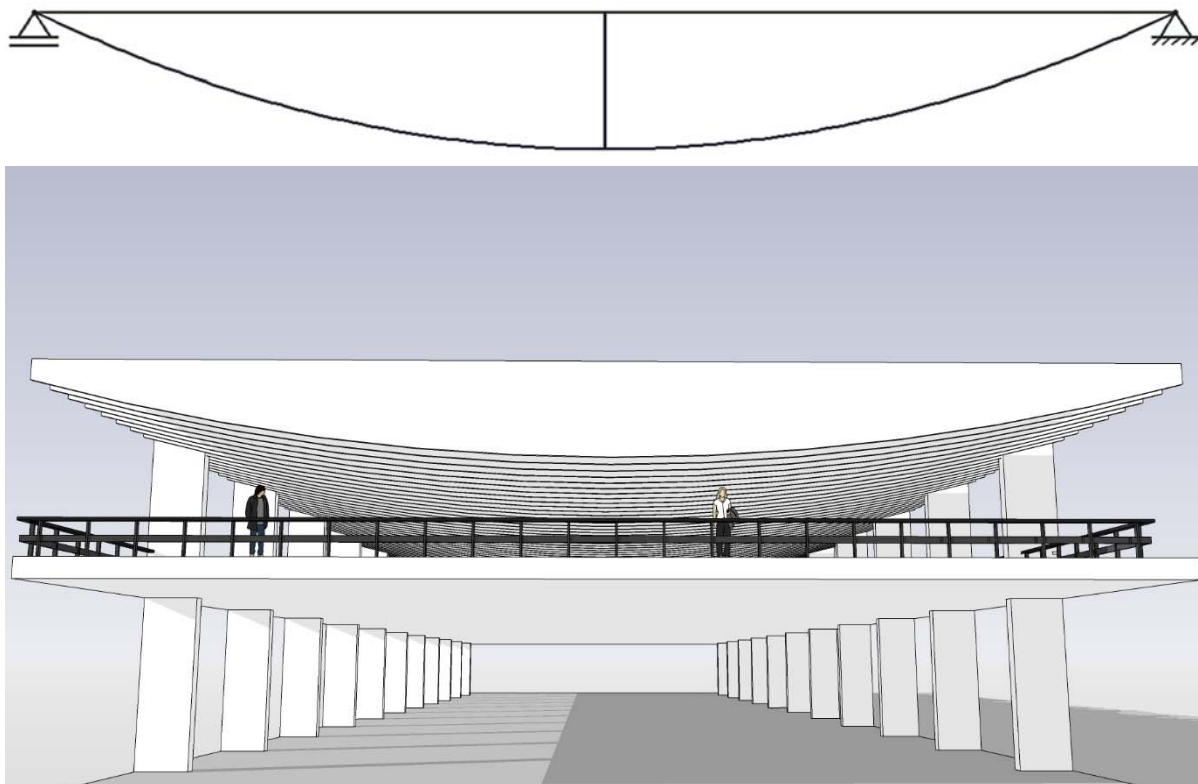


Figura 128: Diagrama do Momento Fletor e Viga resultante. 01 vão livre.
Fonte: Desenho do Autor Programa SketchUp.

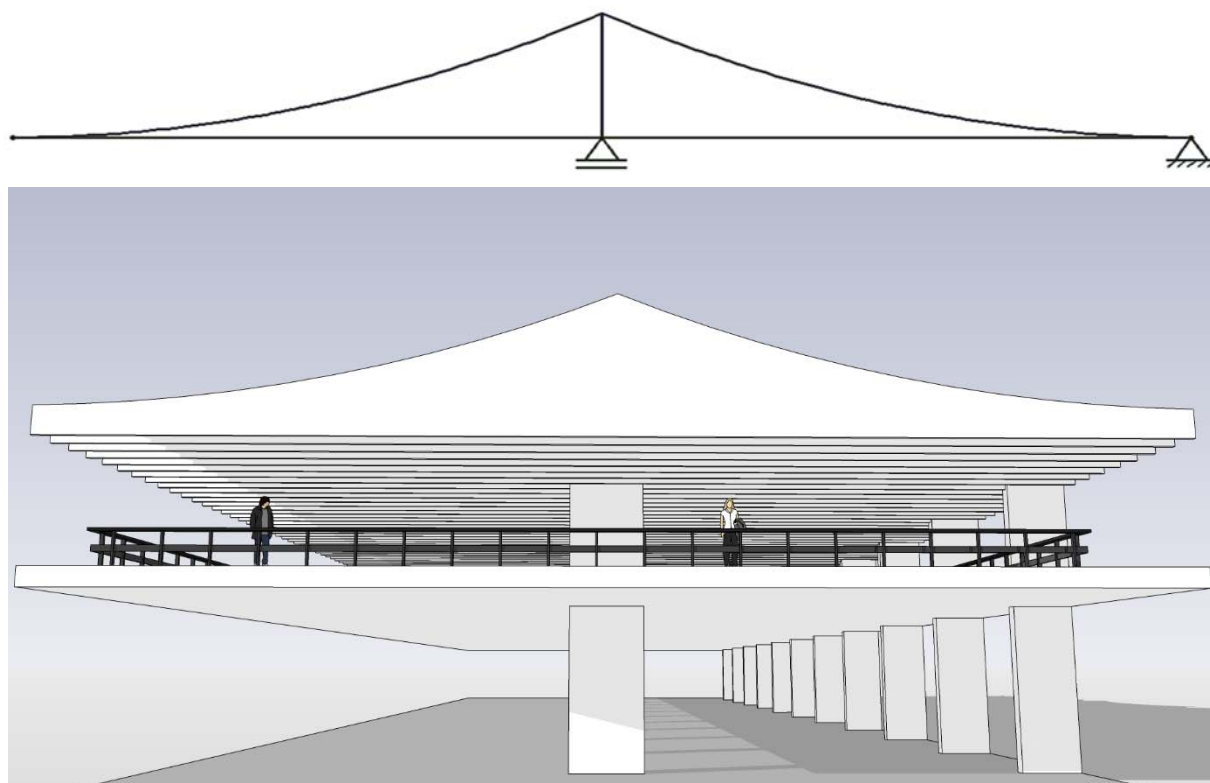


Figura 129: Diagrama do Momento Fletor e Viga resultante. 01 vão e 01 balanço iguais.
 Fonte: Desenho do Autor Programa SketchUp.

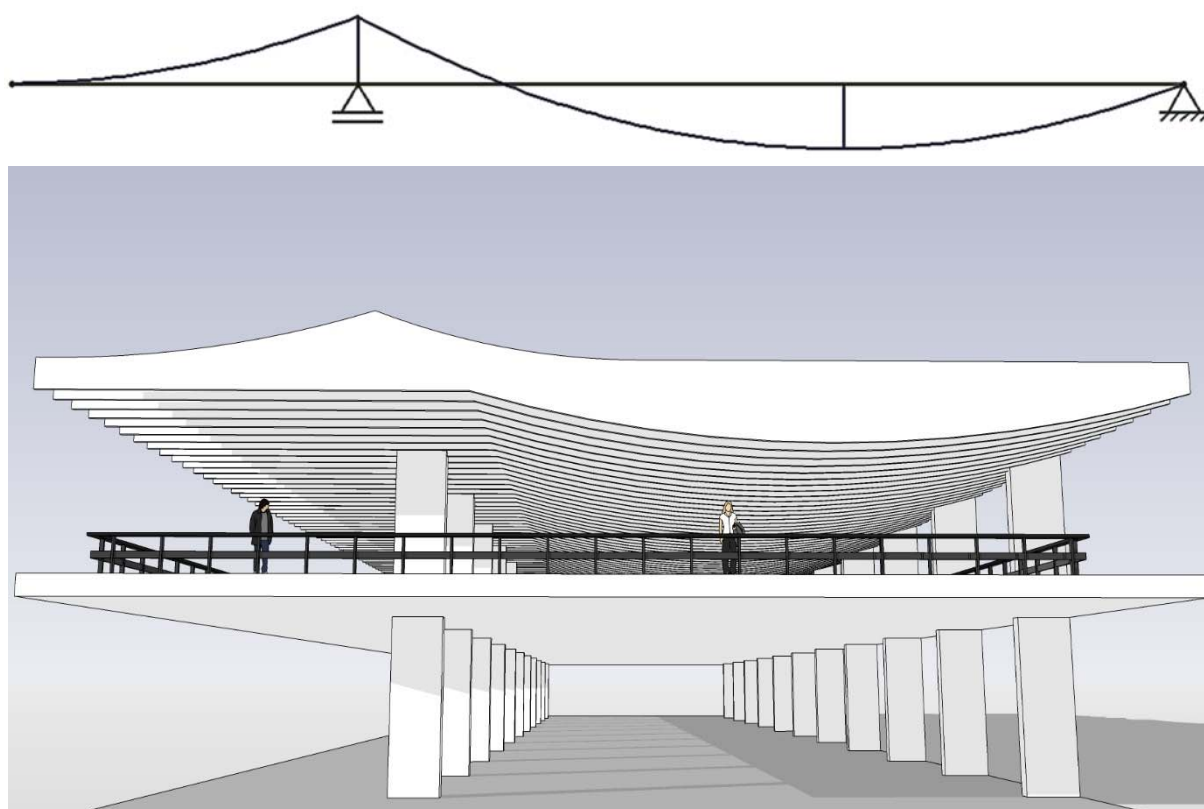


Figura 130: Diagrama do Momento Fletor e Viga resultante. 01 vão e 01 balanço com momentos positivos e negativos equilibrados.
 Fonte: Desenho do Autor Programa SketchUp.

Diante dos postulados anteriores, foi possível se chegar às seguintes diretrizes:

- a) Na definição dos elementos estruturais, nem sempre a racionalização da estrutura é o condicionante que prepondera sobre os demais.
- b) A arquitetura é percebida como um todo. Dimensões como a expressividade e a estética da composição interferem diretamente na maneira pela qual o indivíduo apreende a edificação.
- c) "O todo é maior que a soma das partes". Isto quer dizer que o projeto arquitetônico não é apenas a consequência de um somatório de variáveis que indicarão a solução ideal, o produto exato, a equação perfeita ou o denominador comum. O projeto é adverso à precisão e à pureza do cálculo matemático, pois ao final o conjunto dos elementos e dos condicionantes retornarão um resultado plausível e equilibrado, ou seja, a melhor solução passível de se concretizar materialmente. Assim, o todo deve extrapolar a soma das partes uma vez que o produto representa mais do que uma superposição na medida em que durante o processo não calculam-se somente atributos mas, sobretudo o peso e a relação entre eles. Pode-se dizer que nesse "jogo matemático" são realizadas inúmeras operações tais como a soma, a divisão, a subtração, a multiplicação e a potenciação, por exemplo. Os componentes desta "equação" têm uma determinada importância dentro de cada contexto e, portanto a resultante desta "fórmula idiossincrática" será, indubitavelmente, maior que a expectativa imaginada pelo arquiteto. A soma de 1 mais 2 mais 3 mais 4 tem que ser, necessariamente, maior do que dez. Eis a "fórmula básica" da arquitetura!



Figura 131: Catedral de Brasília,
Oscar Niemeyer.
Fonte: Internet domínio público.

À luz da racionalização da construção e se considerada a possibilidade de aplicação deste conceito de trabalho (diretrizes) na rotina de pequena monta dos escritórios de arquitetura brasileiros, relevantes ganhos em economia de matéria prima poderão ser obtidos no setor visto que a construção civil brasileira representa **8,8% do PIB nacional**. O primeiro estudo de caso da Sede da Caixa Central de Alocações Familiares, em Paris, deixou bem claro esta aplicabilidade. O arquiteto detém a prerrogativa de escolher a solução estrutural de viga mais econômica e racional possível acarretando em desdobramentos no projeto estrutural como um todo, ou seja, o peso próprio das vigas tem influência nas dimensões finais das peças e outros componentes.

Por outro lado, pela lente da arquitetura, verificou-se que a racionalização dos elementos estruturais nem sempre tem papel preponderante no projeto. O estudo de caso do Edifício Touring em Brasília demonstrou este fato. O grande número de condicionantes que fazem parte do processo projetual e que devem ser gerenciados e coordenados pelo arquiteto podem indicar outras soluções que não a da racionalização extrema.

Porém, pode-se concluir com total amparo que o arquiteto tendo um conhecimento mais amplo e mais aprofundado das soluções e possibilidades de arranjos de viga e pilar, certamente fará escolhas mais precisas. O projetista deve, ininterruptamente, incrementar o seu repertório estrutural de modo a notabilizar o lançamento estrutural.

Os critérios empíricos para o cálculo da altura da seção da viga e para o cálculo da flecha mesmo que em alguns casos tenham definido valores mais contundentes, continuarão sendo muito utilizados pelos arquitetos, pois são de fácil assimilação conferindo agilidade durante a rotina de projeção.

Contudo, ficou provado que outros critérios também podem ser facilmente apreendidos pelos projetistas, tal como o critério da resistência. Por meio deste critério para o

levantamento da altura da seção, foi apenas necessário a elaboração de uma planilha no programa Excel (com as devidas fórmulas para o aço e para o concreto) e a utilização do aplicativo livre para cálculos estruturais Ftool (**ver apêndices**). Este último possui uma interface amigável, de uso muito simplificado e que deveria ser mais explorado nas faculdades de arquitetura e engenharia.

A respeito destes avançados softwares que abundantemente surgem no mercado, é possível afirmar que desempenharão um papel cada vez mais efetivo e preponderante no processo de projeção. A tecnologia BIM pode auxiliar a integração entre arquitetura e engenharia. Como dito ao longo deste trabalho, o software, exclusivamente, não é garantia de projeto qualificado. Contudo, os aplicativos que possuem um método e uma rotina de trabalho integrado podem aproximar novamente arquitetos, engenheiros bem como outros profissionais da área. Nesta possibilidade reside, talvez, o grande valor dos softwares. Além da praticidade, segurança, rapidez e confiabilidade alavancam novas possibilidades de relação profissional, isto é, podem transformar, paulatinamente, a atual conjuntura de mercado.

O objetivo deste trabalho em extrapolar o raio de aplicabilidade dos critérios empíricos, ou seja, ir **Além de L Sobre 10**, foi alcançado. Mais ainda, foi possível ampliar a margem de segurança para o pré-dimensionamento da estrutura. O maior aprofundamento nos cálculos e na precisão dos resultados, certamente norteará melhor e mais corretamente o arquiteto na tomada de decisão bem como qualificará os projetos arquitetônicos.

Examinou-se a notória aplicabilidade das diretrizes desenvolvidas. Inúmeros desdobramentos favoráveis ocorrerão em consequência da melhor escolha, entenda-se consciente, da composição estrutural. O arquiteto praticante deste procedimento estará corroborando na retomada de seu preponderante papel na

definição dos projetos arquitetônicos não relegando aos engenheiros sua intrínseca responsabilidade.

A história da humanidade demonstra que o desempenho associado e integrado das funções de arquiteto e de engenheiro independe da intenção ou da boa vontade de seus agentes. A concretização do espaço arquitetônico somente se dá por meio da viabilização estrutural, não sendo possível pensar-se em uma arquitetura imaginária ou em uma estrutura inoperacional. Este fato induz o pensamento à certeza de que os movimentos de maior ou menor integração entre as profissões são bem vindos para que possam surgir questionamentos e avanços em cada área. Por mais abundante que seja a tecnologia atual não cabe o raciocínio de que os aparelhos, mecanismos e artefatos científicos possam reestruturar, resolver ou até mesmo padronizar uma correlação de campos de conhecimento tão íntima, especial e singular. Acima deste aparato estão as relações humanas que permeiam todas as atividades da vida mormente a relação entre arquitetos e engenheiros.

Na contramão desta assertiva alguns argumentos podem levar o leitor mais desavisado a conclusões precipitadas. Um deles é o fato de que, a despeito da ligação intrínseca entre arquitetura e engenharia, os arquitetos vêm lutando há mais de 50 anos pela separação dos Conselhos, desejo este levado a cabo no ano de 2010. Como tratar de um tema tão essencial e importante como a integração entre a arquitetura e a engenharia diante de uma recente cisão profissional? De certa forma é pertinente a polêmica mas acredita-se, no entanto, que a autonomia dos Conselhos e a posterior regulamentação apurada das profissões podem gerar resultados contrários ao que se elucubra.

O fato de cada profissional, arquiteto e engenheiro, conhecer e aceitar o seu respectivo delineamento de atuação no mercado certamente estabilizará, ao longo do tempo, áreas controversas de atuação profissional. A partir do momento em que se tornar claro os direitos, deveres, escopos e limitações de

cada profissão, mais límpidas e razoáveis serão as discussões sobre a importância da integração acadêmica entre os cursos.

Provavelmente, o caminho esteja sendo percorrido às avessas. Em primeiro lugar cuidou-se das questões do exercício profissional a despeito da habilitação acadêmica. Em breve, a problemática acadêmica, inexoravelmente, virá à tona. No momento não convém mais este tipo de ilação. O caminho já está trilhado e devem os protagonistas preparar o terreno para debates mais profundos.

Cabe aqui observar a possibilidade de ampliação do escopo profissional dos setores que, certamente, ainda será objeto de discussão. Arquitetos e engenheiros, se for o caso, poderão expandir o seu campo de atuação profissional fora dos limites permitidos e estabelecidos em lei? Não faria sentido algum toda a retórica e argumentação anteriores não fosse afirmativa a resposta. Os engenheiros e arquitetos que obtiverem a correta e devida habilitação nas instituições acadêmico/profissionais podem e devem intercambiar funções. Essa flexibilidade é de suma relevância, pois mantém aberto o canal do intercâmbio das regulamentações profissionais. Se existe o interesse, não há motivos reais para impedimentos de relação e interface entre as áreas quando o que deve predominar é o conhecimento e a capacidade técnica.

Com relação ao futuro, faz-se necessário algumas ações prioritárias a serem desenvolvidas em conjunto pelos dois Conselhos e pelo meio acadêmico no sentido de:

- a) Desenvolver políticas de integração entre os Conselhos de Arquitetura (CAU) e de Engenharia (Crea) no sentido de regulamentar mais especificamente os campos passíveis de atuação profissional;
- b) Fomentar a discussão sobre a importância da associação e interface entre os cursos de arquitetura e engenharia;

- c) Elaborar moções junto aos agentes públicos no sentido de induzir modificações e ajustes nas grades curriculares dos cursos;
- d) Promover palestras, eventos e congressos junto à academia para:
- disseminar o princípio de integração essencial entre os cursos;
 - valorizar o trabalho em equipe;
 - incentivar a elaboração de projetos integrados;
 - conscientizar arquitetos e engenheiros sobre o uso responsável dos aplicativos específicos para o desenvolvimento dos projetos arquitetônicos e estruturais, ou seja, fortalecer o princípio de que o processo de projeção não limita-se meramente à utilização de softwares e de computadores de última geração.

Mais significativa que o debate do tema e a batalha *sui generis* entre engenheiros e arquitetos para se obter "ganhos" de atuação profissional e financeira, são os problemas da vida moderna que afetam grandemente os cidadãos das cidades brasileiras e do mundo. A impermeabilização do solo continua a ser praticada indiscriminadamente provocando alagamentos e o assoreamento dos rios; o consumo desenfreado e o desperdício de matéria prima ainda está longe de ser racionalizado; o apelo à valorização do projeto como forma de planejamento da edificação ainda está num patamar rudimentar; as classes menos favorecidas ainda não têm acesso aos serviços e projetos de arquitetura, dentre inúmeros outros.

Por um lado, suspeitas não resistem ao fato de que a aplicação do lançamento estrutural por parte dos arquitetos na fase dos estudos preliminares promove a integração primária entre os campos complementares além de auxiliar na quebra de barreiras que há muito tempo existem entre arquitetos e engenheiros. Barreiras estas sem sentido algum e sem a

paternidade definida mas que, certamente, foi fruto da vaidade e do egocentrismo muito presentes nos arquitetos e da intransigência, rigor e inflexibilidade frequentes nos engenheiros.

Por outro lado, não subsistem dúvidas de que a associação e a interface entre os cursos de formação superior de arquitetura e engenharia formatará novas e melhores condutas profissionais, com resultados diretos na qualidade da vida urbana, quer seja na moradia, base física de todas as sociedades, quer seja na urbe moderna, centro das transformações sociais.

A atual problemática urbana da maioria dos países do mundo e do Brasil requer mudanças. O arquiteto sempre foi e será um ser humano de visão global, generalista, flexível e aberto às discussões essenciais sobre a vida. Se necessário for, encampará francamente a luta e pela harmonização profissional entre arquitetos e engenheiros bem como pelo debate no sentido de integrar e qualificar os projetos. Os arquitetos têm a consciência de que nesta "batalha" não há lado, tampouco vitoriosos e derrotados, apenas a certeza da necessidade de melhores condições de vida à todos os cidadãos que vivem no planeta. Não há tempo a perder.

A Arquitetura materializa-se viabilizada pela Estrutura.



Figura 132:
Favela da Rocinha, Rio de Janeiro.
Fonte: Internet domínio público.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHARLESON, Andrew W. 2009.** *Estrutura Aparente: um elemento de composição em arquitetura.* Porto Alegre : Bookman, 2009.
- CORRÊA, R. M. e NAVEIRO, R. M. 2001.** Escola Politécnica da USP, Depto. de Engenharia de Estruturas e Fundações - Artigo: *Importância do Ensino da Integração dos Projetos de Arquitetura e Estrutura de Edifícios: fase de lançamento das estruturas.* [Online] 22 de Janeiro de 2001. http://www.lem.ep.usp.br/gpse/es23/anais/IMPORTANCIA%20_DO_ENSINO_DA_INTEGRACAO_ARQUIT ESTRUT.pdf.
- CORREA, R. M. 2004.** *Integração de Projetos de Estrutura e Arquitetura de Edifícios Ensinados Através de Auxílio Computacional.* Universidade Federal de Juiz de Fora, 2004.
- DIEZ, Glória. 2012.** *Projeto Estrutural na Arquitetura.* Porto Alegre : Masquatro Editora Ltda. e Nobuko S.A., 2012.
- ENGEL, Heino. 2001.** *Sistemas Estruturais.* Barcelona : Editorial Gustavo Gili, S.A., 2001.
- FABRÍCIO, Márcio M. 2008.** *O arquiteto e o coordenador de projetos.* Pós N° 22 - São Paulo - Dezembro de . 2008.
- FORMOSO, C. T. e outros, e. 1993.** *Diagnóstico das dificuldades enfrentadas por gerentes técnicos de empresas de construção civil de pequeno porte.* In: II Seminário Qualidade na Construção Civil: Gestão e Tecnologia (Anais). Porto Alegre : NORIE/UFRGS, 1993.
- FORMOSO, Carlos T., et al. 1997.** *As Perdas na Construção Civil: Conceitos, Classificações e seu Papel na Melhoria do Setor.* Porto Alegre, RS : NORIE - Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação - UFRGS, 1997.
- FRANCO, Luiz Sérgio e AGOPYAN, Vahan. 1993.** *Implementação da Racionalização Construtiva na Fase de Projeto.* Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP - Departamento de Engenharia de Construção Civil. 1993.

- FREDERICK, Mathew. 2009.** *101 lições que aprendi na escola de arquitetura.* São Paulo : Martins Fontes, 2009.
- FRUET, G. M. e FORMOSO, C. T. 1993.** *Diagnóstico das Dificuldades Enfrentadas por Gerentes Técnicos de Empresas de Construção Civil de Pequeno Porte.* Porto Alegre: UFRGS, 1993.
- GIL, A.C. 1989.** *Como Elaborar Projetos de Pesquisa.* São Paulo : Atlas, 1989.
- GOLDMAN, P. 1986.** *Introdução ao Planejamento e Controle de Custos na Construção Civil.* São Paulo : Pini, 1986.
- MARAGNO, Gogliardo Vieira. 2012.** *Questões Sobre a Qualificação e o Ensino de Arquitetura e Urbanismo no Brasil.* XXXI ENSEA - Encontro Nacional sobre Ensino de Arquitetura e Urbanismo. 2012.
- MELHADO, S. B. 2000.** *A Qualidade na Construção de Edifícios e o Tratamento das Interfaces entre os Sistemas de Gestão dos Diversos Agentes.* In: VIII ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Salvador, BA : UFBA/UEFS/UNEB, 2000.
- MELHADO, S. B. e AGOPYAN, Vahan. 1995.** *O conceito do projeto na construção de edifícios: diretrizes para sua elaboração e controle.* São Paulo : EPUSP, 1995.
- REBELLO, Yopanan. 2000.** *A Concepção Estrutural e a Arquitetura.* São Paulo : Zigurate Editora, 2000.
- . **2007.** *Bases para projeto estrutural na arquitetura.* São Paulo : Zigurate Editora, 2007.
- REBELLO, Yopanan, LOPES, João Marcos e BOGÉA, Marta. 2006.** *Arquiteturas da Engenharia ou Engenharias da Arquitetura.* São Paulo : Mandarin, 2006.
- SALVADORI, Mario. 2006.** *Por que os Edifícios Ficam de Pé: a força da arquitetura.* São Paulo : Martins Fontes, 2006. p. 10.
- ULRICH, Helen e SACOMANO, José Benedito.** *A Atividade de Projeto Direcionada à Racionalização Contrutiva e o Desafio de Equilibrar Conceitos Técnicos e Gerenciais no Ensino de Engenharia Civil.* São Carlos, SP : Departamento de Engenharia de Produção - Escola de Engenharia de São Carlos - USP.

OBRAS CONSULTADAS

ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1978. *NBR 6120 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações.* Origem: Projeto ABNT-NB-5/1978. CB-02 - Comitê Brasileiro de Construção Civil. CE-02:03.11 - Comissão de Estudo de Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edifícios.

ALFONSO-GOLFARB, Ana Maria. 2004. *O que é história da ciência - Coleção primeiros passos.* São Paulo : Brasiliense, 2004.

ABRAMAT, Associação Brasileira da Ind de Mat de Construção. 2013. *Perfil da Cadeia Produtiva da Construção e da Indústria de Materiais e Equipamentos.* 2013.

CBIC, Câmara Brasileira da Indústria da Construção. 2012. *A produtividade da Construção Civil brasileira.* s.l. : GD7 Consultoria e Comunicação, 2012.

CII, Industry Institute Construction. 1987. *Constructability: a primer.* Austin : CII Publication 3-1, 1987.

CUNHA, José Celso da. 2009a. *A história das construções, volume 1 - Da pedra lascada às Pirâmides de Dahchur.* Belo Horizonte : Autêntica Editora, 2009a.

-. 2009b. *A história das Construções, volume 2 - Das grandes pirâmides de Gisé ao templo de Medinet Habu.* Belo Horizonte : Autêntica Editora, 2009b.

FERREIRA, Marcílio Mendes e GOROVITZ, Matheus. 2007. *A invenção da Superquadra: o conceito de Unidade de Vizinhança em Brasília.* Brasília : Iphan. Superintendência do Iphan do Distrito Federal, 2007.

IAB, Instituto de Arquitetos do Brasil e CÂMARA, dos Deputados. 2010. *Guia de obras de Oscar Niemeyer : Brasília 50 anos.* Brasília : Edições Câmara, 2010.

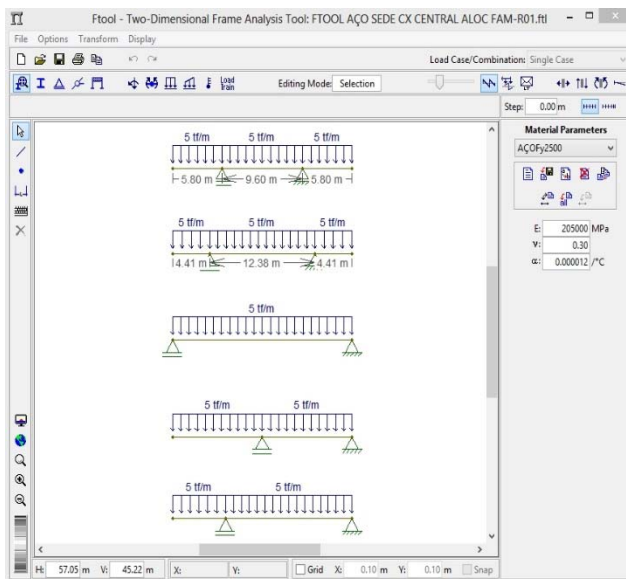
MARINO, Giulia. 2009. *Un Monument historique controversé - La Caisse d'allocations familiales à Paris - 1953-2008.* Paris : Editions Picard, 2009.

POPPER, Karl. 2007. *A lógica da pesquisa científica.* São Paulo : Cultrix, 2007.

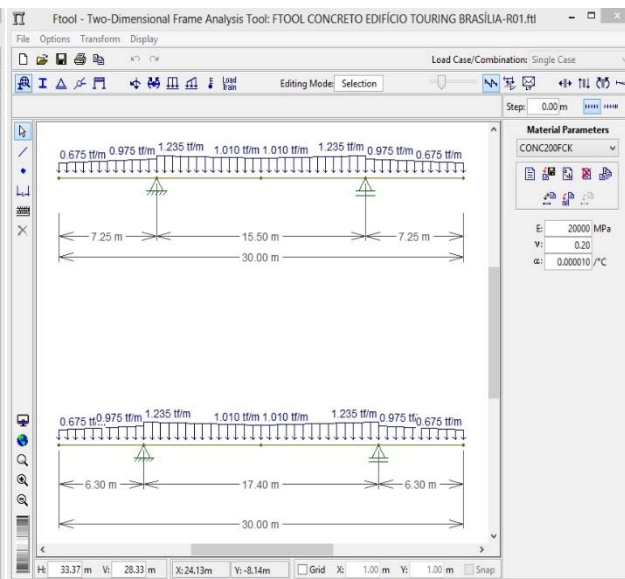
STEVENSON, Neil. 1998. *Para entender a arquitetura - Uma análise rica e detalhada das principais obras arquitetônicas do mundo.* São Paulo : Editora Ática, 1998.

ZEIN, Ruth Verde. 2005. *A Arquitetura da Escola Paulista Brutalista 1953-1973.* São Paulo : Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - PROPAR, 2005.

APÊNDICE A - Programa Ftool e Planilha Excel



Ftool: Diagrama de MOMENTO FLETOR do Perfil:



Ftool: Diagrama de Momento Fletor

Critério Empírico		Critério Resistência (Mód. W)			
		Mmáx	W	W Indica:	
Maior Tramo				Kgf/m	cm ³
VÃO	BALANÇO	bf			
L/20	L/10		0,00		

Ftool: Diagrama de FLECHA do Perfil:

Critério l / 10		Critério Resistência (dmin)			
Maior Vão	L / 10	Base (b)	Mmáx	dmin	Altura (h) + C1
m	m	cm	Kgf/m	cm	cm

Ftool: Diagrama de Flecha

Critério Flecha (f)					
Maior Tramo	Altura (h) Viga l		Flecha	Flecha Máx. Ftools	Verificação
	Tab. Bitola:	d			
VÃO - L/360					
BALANÇO - L/250					

Critério Flecha (f)					
Maior Tramo em Vão (cm)	Altura (h) Viga	Flecha	Flecha Ftools		Verificação
		L / 300	(f)máx	x2 (conc.)	
Maior Tramo em Balanço (cm)	Altura (h) Viga	Flecha	Flecha Ftools		Verificação
		L / 250	(f)máx	x2 (conc.)	

