

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Arquitetura e Urbanismo

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo

Concepção Arquitetônica de Edifícios: Fatores Intervenientes na Projetação em
Sistemas Construtivos Industrializados de Concreto em Belo Horizonte

Edgardo Moreira Neto

Belo Horizonte

Escola de Arquitetura e Urbanismo da UFMG

2015

Edgardo Moreira Neto

Concepção Arquitetônica de Edifícios: Fatores Intervenientes na Projetação em
Sistemas Construtivos Industrializados de Concreto em Belo Horizonte

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (NPGAU) da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito à obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Concentração: teoria, produção e experiência do espaço.

Orientação Prof.^a Dr.^a Maria Lúcia Malard

Belo Horizonte

Escola de Arquitetura e Urbanismo da UFMG

Outubro de 2015

M835c

Moreira Neto, Edgardo.

Concepção arquitetônica de edifícios [manuscrito] : fatores intervenientes na projeção em sistemas construtivos industrializados de concreto em Belo Horizonte / Edgardo Moreira Neto. - 2015. 205 f. : il.

Orientadora: Maria Lúcia Malard.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

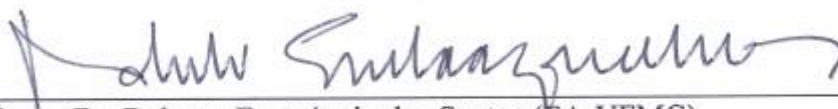
1. Concreto pré-moldado – Belo Horizonte (MG) - Teses. 2. Arquitetura – Projetos e plantas - Teses. 3. Edifícios – Projetos – Belo Horizonte (MG) - Teses. 4. Indústria da construção civil – Belo Horizonte (MG) - Teses. I. Malard, Maria Lúcia. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. III. Título.

CDD 725.9

Dissertação defendida junto ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo – NPGAU – da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, e aprovada em **22 de outubro de 2015** pela Comissão Examinadora:



Professora Dra. Maria Lúcia Malard (Orientadora - EA-UFMG)



Professor Dr. Roberto Eustaáquio dos Santos (EA-UFMG)



Professor Dr. Carlos Alberto Batista Maciel (EA-UFMG)



Professora Dra. Rosemary Bom Conselho Sales (Escola de Design da UEMG)

AGRADEÇO

À minha família pelo apoio incondicional que sempre foi base de tudo.

À Dani pela companhia, amizade, carinho e por ser única em minha vida.

À amiga Maria por ser absolutamente exemplar e por sua generosidade no ensino.

Ao amigo Robin pelas sugestões, sempre pertinentes.

Ao Professor Ró pelas aulas, sempre produtivas.

À Professora Celina pelos incentivos, sempre inspiradores.

Aos amigos do Departamento pela sempre saudável e divertida troca de ideias.

Aos alunos da disciplina Desenvolvimento de Projetos que propiciaram a ampliação do meu entendimento sobre a realidade do ensino de projeto em Arquitetura.

Aos arquitetos, engenheiros e alunos entrevistados pela disponibilidade em ajudar.



RESUMO

Este trabalho começa a partir da observação e da problematização, do ponto de vista arquitetural, da atual situação da construção civil em Belo Horizonte, onde há pouca utilização de sistemas construtivos industrializados, como o concreto pré-fabricado, na execução dos edifícios.

Entendendo que nesta situação se estabelece certo paradoxo, configurado a partir da não utilização desse sistema construtivo, sabidamente mais eficiente que o sistema convencional, busca-se estudar o problema em sua relação com o processo de concepção arquitetônica.

Estabelecem-se os procedimentos necessários para sistematizar e organizar a investigação. Uma revisão da literatura pertinente, a fim de fornecer os instrumentos para entender a evolução da pré-fabricação até um período recente. Um levantamento dos dados e caracterização do estado da arte, de modo a desenhar o atual contexto do tema e calçar a investigação na prática factual. Entrevistas e consultas a alguns atores do processo para alcançar pontos de vistas que pudessem revelar novos fatores e ampliar a investigação. E, por fim, uma simulação projetual que permita a verificação pragmática, necessária à arquitetura, da utilização do pré-fabricado em relação à concepção de edifícios.

Na simulação projetual, observou-se a necessidade de aprofundar a crítica sobre o atual estágio tecnológico na produção de nossos prédios. Não faz sentido forçar qualquer projeto arquitetônico às peças catalogadas quando estas não proporcionam o devido desempenho requerido para a futura edificação.

Neste trabalho, registra-se parte do atual contexto do mercado da construção civil e de projetos arquitetônicos em Belo Horizonte, à luz do tema proposto. Tenta-se abrir novos campos para as discussões sobre industrialização na construção civil e suas implicações diretas com o pensamento projetual dos arquitetos.

ABSTRACT

This work begins from an architectural point of view about the currently situation of construction in Belo Horizonte. Where there is little use of precast concrete as a solution to the buildings.

Understanding that this situation establishes a paradox, which is configured from the non-use of this construction system, which is more efficient than other forms, as the brick building, the aim is to study the problem in their relations with the architectural design process.

It was necessary to configure some procedures in order to systematize and organize the research. A review of the literature about the precast concrete provides the tools we need to understand the evolution this construction system. A data collection and characterization of the state of the art to define the current context to support research in the practice. Some interviews and consults with some actors of the process to achieve views that could reveal new factors and expand the investigation. And finally an architectural design simulation to a pragmatic verification, important for the architecture, the use of pre-made in relation to architectural design.

In projetual simulation we observe the need to observe our current stage of technological advancement. It makes no sense to use a prefabricated catalog when it does not ensure the best performance for the architecture set.

In this work, registers part of the current context of the construction and architectural design market Belo Horizonte under the proposed theme. We try to open up new fields for industrialization discussions in construction and its direct implications for the architectural design thinking.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Edifício de múltiplos pavimentos executado em alvenaria autoportante. ...	20
Figura 2. Casa Dom-Ino (1914) – Le Corbusier.	31
Figura 3. Relação do estilo de vida, industrialização e arquitetura.....	33
Figura 4. Destruição massiva da Primeira Grande Guerra.....	33
Figura 5. Publicidade do Conjunto Weissenhofsiedlung. Alemanha, 1927.....	35
Figura 6. Casa de Walter Gropius, Weissenhofsiedlung (1927).....	36
Figura 7. Comparação entre edifício modernista e eclético, década de 1920.	37
Figura 8. Edificações afetadas pelo terremoto chileno de 1971	39
Figura 9. Edificações executadas a partir do modelo de pré-fabricados cubano	40
Figura 10. Exemplo de edifício construído com a tecnologia KPD	41
Figura 11. Fábrica de painéis modelo KPD	42
Figura 12. Transporte dos painéis KPD.....	42
Figura 13. Hipódromo da Gávea, Rio de Janeiro (1926)	44
Figura 14 Galpão da construtora Mauá, sequência de vigas Vierendeel	44
Figura 15. Fabricação das peças de concreto dos Galpões Mauá, São Paulo	45
Figura 16. Maquete do conjunto da CRUSP	46
Figura 17. Foto de blocos da CRUSP	46
Figura 18. Fabricação de lajes em BH	48
Figura 19. Centro Administrativo da Bahia, Salvador (1973).....	50
Figura 20. Croqui de Lelé em sistema metálico, hospitais da rede Sarah.....	51
Figura 21. Abertura zenital de um dos Hospitais da Rede Sarah em Brasília	52

Figura 22. Esquema de montagem para uma obra de Lelé	53
Figura 23. CIAC projeto em estrutura pré-fabricada.....	53
Figura 24. Construção de edifício da UnB em pré-fabricado.....	54
Figura 25. Edifício em peças pré-fabricadas, Colina (1963).....	55
Figura 26. Obra em ciclo aberto (UnB).....	58
Figura 27. Estocagem de placas e lajes para montagem na obra (UnB)	58
Figura 28. Imagem atual do Habitat 67.	59
Figura 29. Içamento e instalação de um dos módulos do Habitat 67	60
Figura 30. Módulo habitacional básico instalado e acabado.	61
Figura 31. Canteiro de montagem dos módulos de habitação	61
Figura 32. Içamento dos módulos habitacionais em sistema fechado.	62
Figura 33. Estrutura aportcada	63
Figura 34. Estrutura esqueleto	63
Figura 35. Painel portante	64
Figura 36. Estrutura de piso pré-fabricado	64
Figura 37. Sistema para fachadas.....	65
Figura 38. Sistema celular.....	65
Figura 39. Gráfico comparativo de uso de cimento	69
Figura 40. Fábrica de peças industrializadas em Belo Horizonte (PREMO).	70
Figura 41. Fábrica de peças industrializadas em Belo Horizonte (PRECON).	70
Figura 42. Modelo de contraventamento de estruturas com núcleo rígido.....	72
Figura 43. Furo e recortes em laje	75
Figura 44. Exemplo de apoio de viga em pilar.	76

Figura 45. Exemplo de uma estrutura típica do mercado em BH	77
Figura 46. Instalações prediais em alvenarias com recortes e preenchimentos	78
Figura 47. Painel de vedação utilizado para edificações do MCMV	79
Figura 48. Fabricação do painel	79
Figura 49. Fabricação de painéis, contexto geral	80
Figura 50. Painel arquitetural executado em Belo Horizonte.....	81
Figura 51. Obra de edifício de múltiplos pavimentos com painéis em BH.....	82
Figura 52. Obra de edifício de múltiplos pavimentos com painéis em BH.....	83
Figura 53. Edifício painéis industrializados finalizado em BH.....	83
Figura 54. Protótipo para casa unifamiliar	84
Figura 55. Residência de alto padrão montada em 07 dias	85
Figura 56. Arquibancadas em concreto pré-fabricado.....	86
Figura 57. Execução da esplanada do Mineirão	86
Figura 58. Escola de Direito no centro de BH	92
Figura 59. Equipe de arquitetos do DPFP na criação coletiva para a FAD	96
Figura 60. Alternativas geradas pela equipe	96
Figura 61. Observação do sítio, topografia e limites	97
Figura 62. Referência arquitetônica da própria UFMG	97
Figura 63. Referência arquitetônica externa à UFMG	98
Figura 64. Resultado do anteprojeto da FAD	99
Figura 65. Linha de montagem de automóveis	100
Figura 66. Modelos virtuais “do abstrato ao concreto”.....	102
Figura 67. Axonométrica de um dos modelos resultantes na pesquisa chilena	102

Figura 68. Exemplo de organização modular espacial em projeto	103
Figura 69. Projeto do Instituto Politécnico	110
Figura 70. Projeto da Escola de Medicina	112
Figura 71. Croqui do volume inicial para o parque Vila Olavo Costa.	115
Figura 72. Expansão de shopping em Belo Horizonte, 2014.....	119
Figura 73. Tipologia do painel MCMV em BH	120
Figura 74. Imagem da volumetria do Edifício da UFMG, relação da esbelteza.....	121
Figura 75. Edifício da UFMG, sem vigamento interno e com <i>shafts</i> internos	122
Figura 76. Tipologia das obras desenvolvidas pela Empresa 02	125
Figura 77. Exercício para produção de projetos, os nove quadrados de Hejduk. ...	128
Figura 78. Visada sudoeste para Nova Faculdade de Direito da UFMG	150
Figura 79. Faculdade de Direito junto à Praça Afonso Arinos	152
Figura 80. Maquete Reitoria UFMG (1962)	153
Figura 81. Plano Cordeiro, ocupação da UFMG (1969)	154
Figura 82. Consolidação Plano diretor da universidade 1979	154
Figura 83. Esquema modular da segunda geração do Sistema Básico, 1974	155
Figura 84. Visada completa do conjunto FAD	156
Figura 85. Destaque para a modulação de pilares	158
Figura 86. Destaque para as fachadas com telha ondulada	158
Figura 87. Destaque para as fachadas sul com esquadrias.....	159
Figura 88. Esquema da fachada norte em planta, modulação estrutural típica.....	159
Figura 89. Corte transversal dos Blocos 02, 03, 04, 05.....	160
Figura 90. Localização da FAD em relação ao câmpus	161

Figura 91. Visada sudeste para Nova Faculdade de Direito da UFMG	162
Figura 92. Visada do piloti e da passarela de ligação	162
Figura 93. Diagrama geométrico e funcional.....	164
Figura 94. Planta do projeto original do 1º pavimento	166
Figura 95. FAD com modulação na dimensão típica em pré-fabricados	167
Figura 96. Detalhe das lajes e da modulação	168
Figura 97. Tipologias de lajes típicas, 3º e 4º pavimento.	169
Figura 98. Tipologias de lajes, 2º pavimento.....	170
Figura 99. Cortes longitudinais, hipótese <i>versus</i> proposta original	171
Figura 100. Suportes das lajes, hipótese de catálogo <i>versus</i> proposta original	171
Figura 101. Suportes das lajes, hipótese peça criada <i>versus</i> proposta original	172
Figura 102. Esquemas em corte da opção de apoio	173
Figura 103. Arremate do envelopamento leste e oeste (original)	174
Figura 104. Arremate do envelopamento leste e oeste (pré-fabricação).....	174
Figura 105. Detalhes possíveis	175
Figura 106. Simulação estrutural adaptação do auditório	176
Figura 107. Detalhe da cobertura do auditório com laje DT	177
Figura 108. Simulação no bloco do auditório	178
Figura 109. Simulação no modelo de lajes 125cm no auditório no segundo andar	178
Figura 110. Detalhe da cobertura do auditório com laje DT invertida.....	179
Figura 111. Localização da obra da FAD	180
Figura 112. Mapa de localização das obras levantadas.....	191
Figura 113. Projeto para um edifício do quarteirão 10 da UFMG	198

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resumo história do sistema industrializado portante	49
Tabela 2. Tolerâncias dimensionais	67
Tabela 3. Seção e pré-dimensionamento das peças típicas	74
Tabela 4. Quadro comparativo de preços por m ²	87
Tabela 5. Destaque para algumas disciplinas de arquitetura	129
Tabela 6. Destaques disciplinas Escola de Engenharia	130
Tabela 7. Quadro resumo dos projetos da disciplina	135
Tabela 8. Compilação dos dados do questionário.....	140
Tabela 9. Ordem comparativa de tipo de lajes nos blocos típicos.....	170

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABCI	Associação Brasileira da Construção Industrializada
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABCEM	Associação Brasileira Construção Metálica
AMICEM	Associação Mineira Construção Metálica
BH	Belo Horizonte
BNH	Banco Nacional da Habitação
CEPLAN	Centro de Planejamento Oscar Niemeyer
COHAB	Companhia de Habitação
DPFP	Departamento de Planejamento Físico e Projetos
EA-UFMG	Escola de Arquitetura e Urbanismo da UFMG
FAD	Faculdade de Direito (da UFMG)
IPT	Instituto de pesquisas tecnológicas
KPD	Edificação com Grandes Painéis, da sigla russa: КПД
M	Medida modular (módulo)
MCMV	Minha Casa Minha Vida
NBR	Norma Brasileira
PUC	Pontifícia Universidade Católica
RMBH	Região Metropolitana de Belo Horizonte
SRP	Sistema de Registro de Preço
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFSJ	Universidade Federal de São João Del Rey
UnB	Universidade de Brasília
VEP	Viviendas econômicas pré-fabricadas, da sigla de origem Chilena

SUMÁRIO

AGRADEÇO	4
RESUMO.....	6
ABSTRACT.....	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	13
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	14
1 APRESENTAÇÃO.....	19
1.1 Motivação e contribuição.....	20
1.2 Caracterização deste estudo: objetivo e hipótese	22
1.3 Metodologia.....	24
2 REVISÃO DA LITERATURA PERTINENTE	27
2.1 Considerações sobre a caracterização da arquitetura	27
2.1.1 Considerações sobre a composição dos edifícios	29
2.2 Breve história da pré-fabricação.....	29
2.2.1 A independência das estruturas e vedações (sistema Dom-Ino).....	31
2.2.2 Industrialização na arquitetura.....	32
2.3 As vanguardas arquitetônicas europeias	34
2.4 Projeto em sistema industrializado como solução na construção civil	37
2.5 Experiência Chilena (1970)	39
2.6 Panorama evolutivo dos processos industriais portantes de concreto	43
2.7 Primeiros industrializados de concreto nacionais.....	43
2.8 Linha temporal dos sistemas industrializados de concreto no Brasil.....	46
2.9 Industrializados de concreto em BH.....	47
2.10 A contribuição de João Filgueiras Lima, “Lelé”	50
2.10.1 Construção da UnB e a Ceplan.....	54
2.10.2 Mobilidade no manuseio da argamassa armada.....	55

3	O PRÉ-FABRICADO E O CONTEXTO DE BELO HORIZONTE	56
3.1	Sistema em ciclo fechado e sistema em ciclo aberto	57
3.1.1	UnB, concepção em ciclo aberto	58
3.1.2	Habitat 67, concepção em ciclo fechado, icônico	59
3.1.3	Interesse social na Argentina, em ciclo fechado, recente	60
3.2	Tipologias dos sistemas estruturais bibliografadas	63
3.3	A norma brasileira para pré-moldados de concreto	66
3.4	Outros apontamentos técnicos	68
3.4.1	Algumas características específicas de Belo Horizonte	76
4	A CONCEPÇÃO NO CONTEXTO DESTE ESTUDO	89
4.1	Considerações preliminares desta seção	89
4.2	A concepção	89
4.3	Descrição da concepção da Nova Faculdade de Direito da UFMG	92
4.3.1	Levantamento de dados	94
4.3.2	Programa arquitetônico	95
4.3.3	Criação coletiva, formulação de hipóteses	95
4.3.4	Desenvolvimento dos projetos	98
4.3.5	Acompanhamento da obra	98
4.4	Resultados formais estéticos	100
5	ORGANIZAÇÃO PROJETUAL: MODULAÇÃO	103
5.1	Módulo e Modulação	104
5.2	Coordenação modular	104
5.3	Tipos de Medidas e Espaços Modulares	106
5.4	Diferença entre coordenação modular e coordenação dimensional	107
6	ENTREVISTAS	108
6.1	Metodologia das entrevistas	109
6.2	Entrevista com escritório de arquitetura	109

6.2.1	Resultado das respostas do escritório de arquitetura.....	110
6.3	Entrevista com fornecedores do sistema	116
6.3.1	Resultado das respostas Empresa 01 - PRECON.....	116
6.3.2	Resultado das respostas Empresa 02 - TEICON	123
6.4	Discussão preliminar desta seção.....	125
7	A FORMAÇÃO DOS PLANEJADORES DE OBRAS	126
7.1	Sobre a atual formação dos arquitetos.....	126
7.2	Sobre a atual formação dos engenheiros civis.....	130
7.3	Uma experiência com os alunos de arquitetura	131
7.3.1	As disciplinas de desenvolvimento de projeto	131
7.3.2	Consulta a estudantes e recém-formados em arquitetura	136
7.3.3	Leitura dos dados	140
7.4	Sobre a modificação do mercado de trabalho devido à educação	142
8	PROJETOS E OBRAS PÚBLICAS.....	143
8.1	A lógica básica da lei de licitações	143
8.2	Contradições intrínsecas?.....	146
8.3	Considerações desta seção	148
9	SIMULAÇÃO PROJETUAL	149
9.1	Procedimentos metodológicos da simulação projetual.....	150
9.2	Objetivos da simulação	151
9.3	Caracterização do anteprojeto da Nova Faculdade de Direito	151
9.3.1	Aspectos históricos e o ensejo para o projeto	151
9.3.2	O projeto para a Nova Faculdade de Direito.....	156
9.4	Simulação através dos desenhos de arquitetura.....	163
9.4.1	ETAPA 01. Dados iniciais e constatações arquiteturas	163
9.4.2	ETAPA 02. Simulação, hipóteses e decisões de procedimento	165
9.5	Discussão dos resultados observados	181

10	CONSIDERAÇÕES FINAIS	182
11	REFERÊNCIAS	185
12	APÊNDICES	191
	A. Levantamento de obras em Belo Horizonte de 2009-2014	191
	B. Resumo metodológico de comparação de preços	198
	C. Planta simulada em pré-fabricado.....	199
13	ANEXO	200
	A. Memorial Descritivo do Projeto Arquitetônico da FAD.....	200

1 APRESENTAÇÃO

A projeção de arquitetura para edifícios é atividade de grande complexidade. Os fatores, dados e condicionantes com os quais os arquitetos devem trabalhar são das mais diversas naturezas, tais como: demandas dos usuários, exigências legais e normativas, relações sociais de produção, fatores ambientais (peculiares ao local onde serão edificados), métodos e materiais construtivos adequados à obra, logística para suprimentos e descartes, condições específicas do canteiro, entre outros.

A tecnologia a ser empregada na edificação é, muitas vezes, indissociável da concepção projetual e pode ter grande influência nas características do processo de projeto a ser desenvolvido. Por exemplo, a concepção de edifícios em estruturas metálicas leva em consideração fatores intervenientes diferentes daqueles considerados nas edificações em estrutura de concreto armado. Mesmo no âmbito da escolha de um determinado material para a confecção estrutural, há de se considerar, durante a concepção projetual, as diferenças entre os elementos moldados no canteiro (no local ou não) e os elementos industrializados montados na obra. Somente essas peculiaridades justificariam estudos mais aprofundados sobre a interação da opção tecnológica *versus* projeção de arquitetura, sem falar nos inúmeros fatores intervenientes na própria opção tecnológica e que a ela precedem, como os fatores econômicos e logísticos, por exemplo.

O setor da construção civil¹ é um dos principais motores da economia brasileira e mineira. Dados recentes apontam que, no Brasil, aproximadamente 10% do PIB correspondem à construção civil. Em Minas Gerais esse valor gira em torno de 8%².

Em Belo Horizonte, a tecnologia predominante para execução da estrutura portante dos edifícios é em concreto armado, moldado no local, e alvenarias de vedação em tijolos cerâmicos ou de concreto. Neste trabalho, esta tecnologia é denominada **obra convencional**. Esse tipo de execução caracteriza-se por ser bastante artesanal,

¹ O setor da construção civil engloba a construção em si, as atividades industriais que fornecem matérias-primas, equipamentos e os serviços que apoiam a cadeia produtiva.

² Extraídos do jornal *O Estado De Minas* (TAKAHASHI, 2014).

sendo que, as partes compositivas do edifício são executadas com exclusividade, manualmente e com grande dependência da habilidade do operário/artesão.

Chama a atenção, no entanto, a predominância dessa técnica artesanal em um setor tão importante, frente ao nível tecnológico em que se encontram os outros setores da economia, como o de telefonia ou o automobilístico.

Outro dado a ser considerado sobre as obras convencionais diz respeito aos impactos ambientais na geração de resíduos, o desperdício e os fatores sociais, tais como riscos de acidentes e insalubridade para os operários nos canteiros de obras.

Há, portanto, uma disparidade entre a importância econômica da indústria da construção civil e os modos de execução das obras no mercado de Belo Horizonte. Isso suscita questionamentos relativos à manutenção desse modo de execução ou à mudança para um novo patamar tecnológico da construção.

1.1 Motivação e contribuição

O panorama do mercado construtivo de Belo Horizonte e, por conseguinte, do de projetos de arquitetura, registra um padrão tecnológico no qual o uso de tecnologias construtivas artesanais se sobrepõe a alternativas industrializadas.

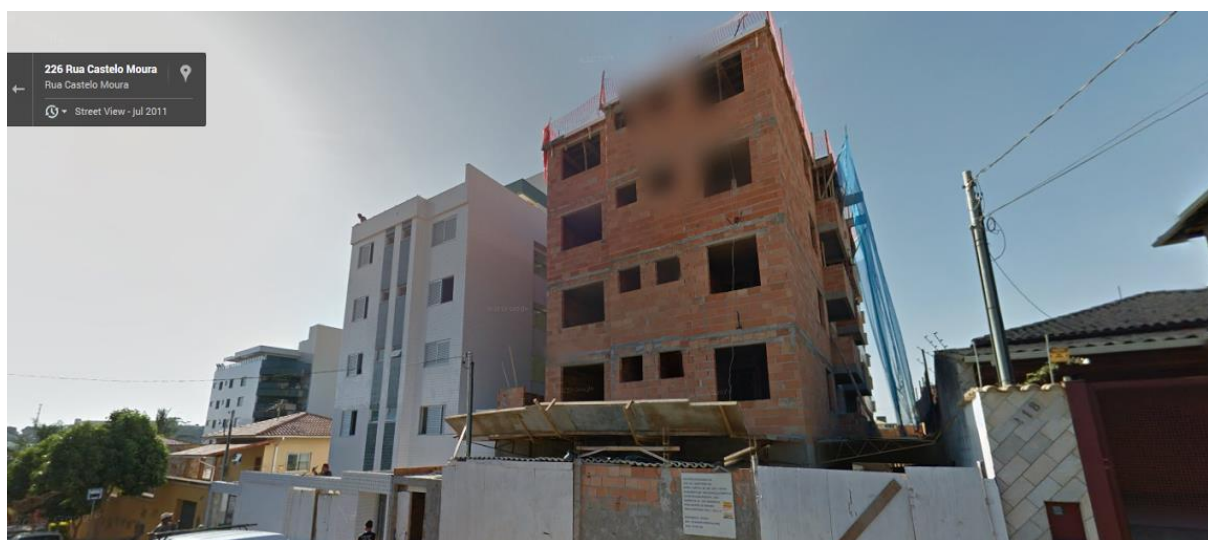


Figura 1. Edifício de múltiplos pavimentos executado em alvenaria autoportante.

Fonte: <https://www.google.com/maps/views/streetview?gl=br&hl=pt-BR>. Julho de 2014.

As vantagens da utilização de sistemas construtivos racionalizados (industrializados ou mistos) são amplamente preconizadas no campo da Arquitetura e Engenharia.

Sabe-se, de longa data, das vantagens técnicas, econômicas e sociais que os sistemas racionalizados possuem, como a diminuição de prazos de obra, menor desperdício, maior qualidade do produto final acabado e garantia de melhores condições de trabalho dos operários. Essas vantagens beneficiam diversos atores do processo: menores prazos e menos desperdício beneficiam o empreendedor, pois reduzem custos e aumentam lucros; maior qualidade do produto final beneficia o usuário/consumidor, pois terá menos problemas de patologias e gastos com manutenção e reparos; melhores condições operacionais de trabalho beneficiam o trabalhador, que estará exposto a menos riscos à sua saúde e integridade física.

Existem inúmeras opções de sistemas industrializados para a construção civil em Belo Horizonte. A historiografia da arquitetura aponta que a utilização de elementos industrializados para a construção ocorreu como forma de estimular o avanço da construção civil dentro dos parâmetros da lógica racional. Dessa forma, questiona-se por que não há o emprego massivo desses sistemas industrializados na construção civil nessa cidade. As explicações de que a mão de obra barata induz o processo artesanal, ou que a informalidade estimula a construção convencional, ou mesmo que há uma “tradição” de se construir artesanalmente são meramente especulativas e nem sempre se respaldam em estudos sistemáticos. Assim, desse contexto, emergem algumas questões de pesquisa, que parecem importantes para que se desenvolva uma investigação acadêmica consistente, para fornecer elementos confiáveis de análise:

1. Se aparentemente há mais vantagens nas obras que empregam sistemas, elementos e componentes industrializados, por que a construção convencional (em concreto moldado no local e alvenarias) é preferida?
2. A preferência apontada em (1) seria porque há desconhecimento a respeito dos sistemas construtivos industrializados entre os arquitetos? Nas Escolas, por exemplo, as propostas projetuais são, em sua maioria, elaboradas no modelo de obra tradicional. Esta realidade pode ser um fator de manutenção do convencionalismo construtivo e remete a outra pergunta:
3. Por que os sistemas industrializados não são adequadamente difundidos?

4. Ao serem demandados, os arquitetos levam em consideração a possibilidade de utilizar sistemas industrializados para concepção dos edifícios? Existe um temor de condicionalização, ou limitação criativa, na projeção?
5. Por que a construção civil deveria caminhar para a projeção e execução em sistemas industrializados?
6. Em que medida as novas propostas arquitetônicas fazem evoluir os sistemas construtivos e, em especial, os sistemas industrializados?

As questões apresentadas são motivadoras para a elaboração deste estudo como forma de ampliar as discussões sobre os caminhos que a Arquitetura deve ser conduzida no emprego das tecnologias construtivas.

A industrialização da construção civil é bastante debatida no Brasil, principalmente em seu âmbito técnico. É importante, entretanto, que se mantenha um raciocínio arquitetônico sobre o assunto, que envolva as questões conceituais da projeção. É necessário, também, atualizar os dados a respeito desse tema na nossa cidade.

A contribuição deste trabalho reside em descrever e discutir alguns pontos relevantes que se relacionam à projeção arquitetural, atualizar alguns dados e apontar possíveis contribuições que fariam avançar a arquitetura e a construção civil em Belo Horizonte, principalmente no que toca às atividades industrializadas desse setor. É de meu interesse, também, contribuir com os estudantes de arquitetura, fornecendo uma fonte de pesquisa de fácil linguagem e acesso.

1.2 Caracterização deste estudo: objetivo e hipótese

Devido à amplitude do problema abordado, este estudo focará as questões correlatas à concepção arquitetônica que, de certa forma, perpassam todas as outras seis questões arroladas acima. Mais especificamente, o foco estará nas concepções arquitetônicas relacionadas a sistemas construtivos industrializados de concreto, em especial, das peças portantes e alguns tipos de vedações externas.

As partes do edifício que serão analisados serão aquelas que caracterizam formalmente a concepção arquitetônica. Interessam assim, os elementos que atuam diretamente na geometria, volumetria e uso do edifício. Outros sistemas, como as esquadrias, portas, pisos e coberturas já são amplamente utilizados em sua forma

industrializada ou semi-industrializada. A inclusão desse tipo de discussão no contexto deste trabalho certamente desaguaria na problemática do desempenho, o que ampliaria demasiadamente a dissertação.

Isso posto, estabeleceu-se um recorte: ***o que se propõe é a discussão acerca de elementos que poderiam ser industrializados e não o são, como as alvenarias e as estruturas portantes moldadas no local.***

O sistema industrializado em concreto, na tipologia disponível no mercado de Belo Horizonte, é constituído basicamente pelos seguintes elementos: blocos de fundação, pilares, vigas, lajes e painéis. Esse, é chamado de “sistema aberto” por ser montado na obra. Será foco nesta discussão por caracterizar uma construção com alto grau de industrialização e por estar facilmente disponibilizado no mercado de Belo Horizonte. O “sistema fechado”, caracterizado por ser totalmente executado fora do canteiro de obra e apenas instalado no seu local final de uso, não é típico em Belo Horizonte, e não será estudado a fundo aqui, exige uma base tecnológica e industrial que ainda não está disponível na cidade.

No início deste item falou-se que os elementos que caracterizam a concepção arquitetônica são aqueles que atuam diretamente na definição da geometria, volumetria e uso do edifício. Faz-se necessário, então, desenvolver um pouco mais essa ideia.

Assim, os objetivos dessa pesquisa se concentram em ampliar as discussões sobre a relação desses elementos de concepção arquitetônica (geometria, volumetria e uso) com os sistemas construtivos, notadamente os sistemas portantes pré-fabricados em concreto. Espera-se, com isso, oferecer aos arquitetos e estudantes de arquitetura subsídios para as suas prospecções projetuais e indicativos para pesquisas futuras sobre a interação espaço/tecnologia construtiva.

A partir dessas considerações, pode-se formular a hipótese que se pretende demonstrar nesta dissertação:

A pouca utilização da pré-fabricação nas edificações prediais de Belo Horizonte possui componentes culturais (parte da cultura arquitetônica e da cultura empresarial) e componentes socioeconômicos (parte da falta mão de obra de baixo custo disponível e da pequena competitividade empresarial do setor), os quais se

associam para sustentar artificialmente uma tradição de construção convencional, em detrimento do avanço tecnológico do setor.

1.3 Metodologia

Metodologicamente o estudo está articulado em três partes: uma de fundamentação e formulação de hipóteses; outra de verificação das hipóteses formuladas e uma terceira, de análises e conclusões. O roteiro de procedimentos metodológicos das duas primeiras partes é o que se segue.

PARTE I

a) Revisão da literatura sobre sistemas industrializados.

A revisão bibliográfica sobre o tema é importante para remontar o quadro em que os sistemas industrializados de concreto surgiram e em que medida serviu à sociedade. É necessário, também, recuperar algumas informações que nos permite entender as razões pelas quais podem ter sido adotados ou abandonados. Como o estudo está circunscrito a Belo Horizonte, faz-se necessário conhecer o estado da arte da pré-fabricação de concreto nessa região e examinar sua relação com a parte conceitual do projeto.

b) Levantamento de dados, caracterização do estado da arte.

Para caracterizar o estado da arte da interação da 'pré-fabricação em concreto' e 'projeção arquitetônica', faz-se necessário examinar, ainda que superficialmente, as metodologias usuais de projeção e os fatores intervenientes no processo. Assim, foi desenvolvido o seguinte roteiro de procedimentos:

- I. Exame dos princípios de modulação e os resultados plásticos de projetos em pré-fabricados de concreto.
- II. Caracterização do mercado da construção civil em Belo Horizonte e varredura nas obras da cidade, para constatar o padrão construtivo vigente.
- III. Caracterização dos sistemas industrializados em concreto disponíveis no mercado. Levantamento das tipologias de peças catalogadas na indústria.

- IV. Visita às principais fábricas de pré-fabricado concreto de Belo Horizonte. Observação das fábricas sob o ponto de vista da linha de produção, métodos empregados e procedimentos. Nessas visitas buscou-se observar, também, as condições de trabalho dos operários como forma comparativa às condições dos trabalhadores da construção civil hegemônica.

c) Entrevistas e consultas aos profissionais e estudantes.

Foram realizados os seguintes procedimentos:

- I. Entrevista semiestruturadas com fornecedores de elementos e componentes de concreto pré-fabricados e arquitetos do mercado, com experiência em projeção em pré-fabricado de concreto.
- II. Pesquisas, questionários e experimentações junto aos estudantes de arquitetura, através de uma disciplina de projetos.
- III. Consultas a alguns professores da Escola de Engenharia da UFMG.
- IV. Consultas a uma engenheira orçamentista para balizar a comparação de valores das tecnologias construtivas.

d) Formulação de hipóteses sobre o uso ou não uso da pré-fabricação em concreto para estrutura portantes.

PARTE II

a) Experimento de simulação projetual.

Para caracterizar as diferenças e as aproximações entre o projeto arquitetônico concebido para ser construído convencionalmente e o projeto voltado à pré-fabricação, optou-se por realizar a seguinte simulação projetual:

Transformar um projeto concebido para ser construído convencionalmente em um projeto que poderia ser construído com elementos portantes pré-fabricados, sem modificar-lhe os elementos definidores da geometria, volumetria e uso.

O intuito era examinar as repercussões e possíveis entraves da utilização de elementos pré-fabricados em projetos prediais usuais.

Para a simulação projetual escolheu-se o anteprojeto para a nova sede da Faculdade de Direito da UFMG, a ser edificada no câmpus da Pampulha. Essa escolha se apoiou nos seguintes fatores:

- I. No processo de concepção projetual dessa edificação não se levou em conta a possibilidade do uso de elementos portantes pré-fabricados de concreto.
- II. A geometria da edificação foge ao padrão ortogonal que tem sido adotado na UFMG, em galpões, pavilhões e redes modulares contínuas.
- III. Este autor acompanhou de perto o desenvolvimento do projeto executivo, o que facilitaria o juízo sobre a pertinência, ou não, de eventuais adaptações.

2 REVISÃO DA LITERATURA PERTINENTE

2.1 Considerações sobre a caracterização da arquitetura

Antes de proceder à revisão da literatura diretamente vinculada à temática desta dissertação, é preciso tecer algumas considerações sobre o nosso entendimento do que seja Arquitetura, pois é nele que se assenta este trabalho.

Caracterizar a arquitetura de um edifício não é tarefa trivial. Porém, é necessário estabelecer alguns critérios para que se possam validar as discussões e experiências utilizadas neste trabalho.

A arquitetura, além de ser a expressão de um artista é um artefato utilitário com função social e compromisso ambiental, com uma complexidade que as demais artes não possuem. (AZEVEDO, 2011)

Lucio Costa caracterizava a arquitetura como *uma construção concebida com a intenção de ordenar plasticamente o espaço, em função de uma determinada época, de um determinado meio, de uma determinada técnica e de um determinado programa*. Deste modo é necessário fixar conceitos bastante claros sobre a caracterização dos elementos.

Para definir o que se caracteriza uma arquitetura, recorreremos à tradição histórica da Tríade Vitruviana: firmitas, utilitas e venustas.³ Essa é tida, pela tradição, como a síntese da arquitetura ocidental.

O autor romano desenvolveu o mais antigo tratado sobre arquitetura baseando-a nesses três pontos, que, traduzidos livremente, expressam:

- **Utilitas:** quanto a sua utilidade, função, operacionalidade, rotas de saída e circulações, infraestruturas, programa arquitetônico, etc.
- **Firmitas:** quanto a suas características físicas e estruturais, geometria e volumetria, dimensão dos vãos, de aberturas, etc.
- **Venustas:** quanto a sua aparência, percepção do espaço edificado.

³ Tratado por Marco Vitruvius Polião em “De Architectura”, 17 a 26 a.C.

Podemos introduzir uma quarta esfera: a produção; que hoje traz importância impar para a discussão da arquitetura contextualizada. O Professor Dr. Roberto Eustaáquio, EA-UFMG, esclarece que *raramente entramos no mérito da produção propriamente dita, isto é, como funcionam os canteiros, como o trabalho é aí organizado, por que predominam este ou aquele sistema construtivo e, principalmente, que interesses estão envolvidos na produção do espaço.*

É necessário, neste momento, pontuar o que entendemos por “vida útil”⁴ do espaço. Que também é fator importante para caracterizar a arquitetura de edifícios. Basicamente, refere-se ao tempo que a edificação suportará adequadamente o uso proposto, ou programa arquitetônico. Neste sentido cabe discutir sobre a pertinência desses programas, principalmente quanto a sua obsolescência. As possibilidades de alteração dos espaços, no atendimento de novas demandas dos usuários, são realidades que podem ser previstas desde a concepção do projeto. O Professor Dr. Carlos Alberto Maciel discute esse tema, da qual destacamos o seguinte:

De fato, uma das consequências da aplicação das técnicas construtivas da arquitetura moderna – em especial o concreto armado e as alvenarias – é a sua baixa reversibilidade, com alta geração de resíduo na demolição. E a previsão de que essa demolição ocorreria em 50 anos foi bastante precisa, uma vez que tem havido exemplos significativos de demolições ou desmontagens de edifícios projetados nos anos 60 devido à obsolescência.

(...)

Contemporaneamente, a discussão sobre a reversibilidade da construção tem ganhado destaque com a sistematização dos princípios da sustentabilidade ambiental aplicada à engenharia civil. Tais princípios, em geral, se alinham ao sistema produtivo estabelecido e respondem à questão da obsolescência através da ampliação do nível de industrialização da construção, considerando toda a vida útil da edificação e do ciclo de vida de seus materiais, e reduzindo a geração de resíduos. (MACIEL, 2015)

Essas complementações da Tríade Vitruviana, tratadas aqui, sobre a produção do edifício e sua possível obsolescência programática são importantes no contexto

⁴ O dicionário define que o termo “vida útil” expressa a durabilidade de qualquer coisa, como um determinado aparelho, objeto ou alimento.

deste estudo, e se relacionam diretamente com o objeto da pesquisa. Faz parte direta do que deve ser entendido por concepção arquitetônica contemporânea.

Por fim, abarcando todo o discutido até aqui, a arquitetura pode ser definida sob seus aspectos construtivos, operacionais e perceptivos. Nesta dissertação interessam os aspectos construtivos definidos durante a **concepção arquitetônica**, essa entendida com o conjunto de ideias e motivos que resultaram nas decisões do arquiteto.

2.1.1 Considerações sobre a composição dos edifícios

Durante a construção de um prédio são empregadas diversas atividades que, executadas de uma determinada maneira, resultam na edificação projetada. As execuções das partes como piso parede e teto se complementam e costumam empregar técnicas e materiais específicos para aquele fim.

A NBR 13532⁵ define os elementos da edificação e seus componentes construtivos: fundação, estrutura, cobertura, forros, vedações verticais, revestimentos e acabamentos, comunicação visual e jardins. Dessa forma as edificações podem ser categorizadas, no contexto deste trabalho, em relação às suas características físicas e suas técnicas executivas.

- Quanto ao tipo de sua estrutura portante;
- Quanto ao tipo de suas vedações externas, internas e cobertura;
- Quanto aos seus materiais de acabamento internos e externos.

Assim, a partir do entendimento conceitual e normativo dos elementos que definem a arquitetura de edifícios, fica estabelecido o que caracteriza o objeto de pesquisa desta dissertação. Relembramos o recorte desejado para esse estudo, no qual trataremos das partes de prédios que poderiam ser industrializadas, e não são.

2.2 Breve história da pré-fabricação

Fazer uma breve revisão histórica sobre a pré-fabricação na construção civil e sua interface com a concepção arquitetônica se mostrou importante para este estudo como maneira de demonstrar que a tecnologia dos pré-fabricados vem sendo

⁵ Elaboração de projetos de edificações – Arquitetura (NBR-13532:1995).

discutido pelos arquitetos há mais de um século. Este fato nos incentiva, mais uma vez, a questionar sobre as razões da pouca utilização dessa tecnologia na construção civil de Belo Horizonte. Esta seção cumpre a função de delinear o objeto, através dos exemplos ressaltados, ao demonstrar a importância que a industrialização alcançou na cultura arquitetônica ocidental.

O *precast*, pré-moldado, foi inventado pelo engenheiro John Alexander Brodie na Inglaterra, em 1905, antes de se desenvolver na Europa Ocidental (França, Alemanha, Inglaterra, etc.). (GRACE'S GUIDE, 2007)

No pós-guerra a pré-fabricação foi usada maciçamente na ex-União Soviética e nos países comunistas do leste europeu para a produção de moradias e demais reconstruções. Observa-se, ao longo da história, que a introdução das tecnologias industrializadas de concreto foi usada principalmente para responder a demandas urgentes, como nas guerras ou desastres naturais.

No Brasil, há uma historiografia de utilização do pré-fabricado um pouco mais tímida e mais recente, que se relaciona com eventos isolados e, principalmente, com as experiências em Brasília e em São Paulo. Sobre a construção de Brasília (1950-60) destaca-se o espelhamento do raciocínio arquitetônico do início do século XX:

Diante de tamanho desafio, a pré-fabricação dos edifícios era a opção mais adequada, porque imprimia a velocidade necessária à demanda de uma cidade que urgia se concluir. Produzir casas, escolas e hospitais como se produziam os carros era um desejo que povoava o imaginário dos arquitetos antes e depois da Segunda Guerra Mundial. Um exemplo emblemático é Maison Dom-ino de Corbusier. Os arquitetos russos também investiram esforços para construir a cidade do “novo homem” que haveria de surgir com a Revolução de 1917. (PEIXOTO, 2013)

A arquitetura europeia do princípio do século XX destaca-se por determinar novos paradigmas construtivos. Arquitetos como Le Corbusier (franco-suíço, 1887-1965), Ludwig Mies van der Rohe (alemão, 1886-1969) e Walter Gropius (alemão, 1883-1969) são tradicionalmente destacados como modernistas que influenciaram as novas formas de concepção arquitetônica e, através do pensamento vanguardista e alinhando-se às novas ocorrências de seu tempo, contribuíram para a industrialização da construção civil.

As tipologias foram gradativamente desenvolvidas pelas empresas na primeira metade do século XX. Na década de 1950 o sistema Camus, em painéis portantes, estava bastante desenvolvido e difundido. Inicializado na França este sistema foi incorporado pela União Soviética e países do Leste Europeu. Tornou-se referência e deu abertura para várias outras experimentações, como será tratado mais adiante.

2.2.1 A independência das estruturas e vedações (sistema Dom-Ivo)

O sistema concebido para a Casa Dom-Ivo foi o primeiro ensaio completo sobre a estrutura independente das vedações verticais. A partir dele há um avanço importante para o raciocínio projetual, ou seja, a independência entre sistemas construtivos e as funções que a edificação deverá cumprir. As questões construtivas passam a ser definidas pela **racionalização e modulação**. (MACIEL, 2011)

Este conceito projetual é destacado como um princípio proposto para independência dos elementos: planta, fachada e estrutura portante. A partir disso abriu-se caminho para novos estudos das arquiteturas modernistas.

Esta ideia é importante para projetos ainda hoje. E, analogamente, pode-se dizer que se assemelham à tipologia em pré-fabricados de concreto disponível hoje na cidade de Belo Horizonte⁶, no qual há independência entre aqueles elementos.

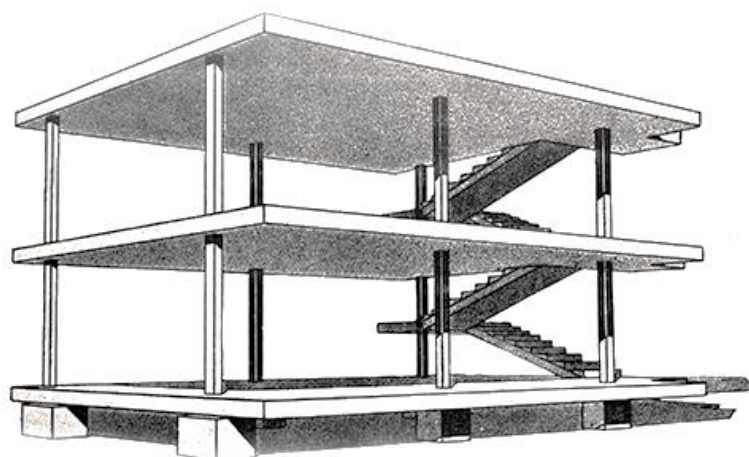


Figura 2. Casa Dom-Ivo (1914) – Le Corbusier.

Fonte: (COHEN, 2010, p. 9)

⁶ Os sistemas típicos utilizados no mercado de Belo Horizonte seguem, conceitualmente, estes padrões: pilares, vigas e lajes independentes do restante dos elementos compositivos da edificação.

2.2.2 Industrialização na arquitetura

Durante o final do século XIX e início do século XX, os mais diversos setores econômicos passaram pelas experiências da industrialização. Como marco histórico destaca-se a experiência de Henry Ford (1863-1947) na produção automobilística idealizada nos Estados Unidos em 1913. A construção civil se insere neste contexto a partir das primeiras propostas arquitetônicas que vislumbravam a evolução da forma de construir.

Em 1923 Le Corbusier publica “*Por uma arquitetura*”, onde trata os modelos da arquitetura vanguardista. Nesta publicação o arquiteto faz as críticas ao *status quo* da arquitetura⁷. Para Corbusier as casas deveriam ser produzidas em série, assim como as linhas de montagem dos automóveis da Ford.

“O engenheiro, inspirado pela lei da economia e conduzido pelo cálculo, nos impõe um acordo com as leis do universo. Atinge a harmonia” (CORBUSIER, 1994)

As intenções de utilização de elementos industrializados para execução de obras civis se difundiram no meio arquitetônico. Sem a intenção de voltar ao passado os arquitetos iniciaram diversos estudos a respeito da pré-fabricação e da *Coordenação Modular*⁸. A padronização dos componentes mostrou-se necessária, tornava-se cada vez mais difícil trabalhar com os altos custos e os longos períodos de obras. (GREVEN e BALDAUF, 2007)

As imagens abaixo mostram um elemento arquitetural, a **casa modernista**, fazendo relação com a moda, o estilo de vida da época ao **automóvel**, que era o símbolo máximo da tecnologia e industrialização no início do século XX.

⁷ Apesar das críticas de se utilizar os conceitos Corbusianos no contexto contemporâneo, não se pode relevar as influências de seu pensamento para as transformações na arquitetura e seu desenvolvimento, principalmente nas primeiras intenções de introdução da industrialização.

⁸ Coordenação Modular trata de uma forma específica de conceber os projetos em arquitetura regida por normativas específicas. Tratarei desse tema adiante, seção: **ORGANIZAÇÃO PROJETUAL: MODULAÇÃO**.

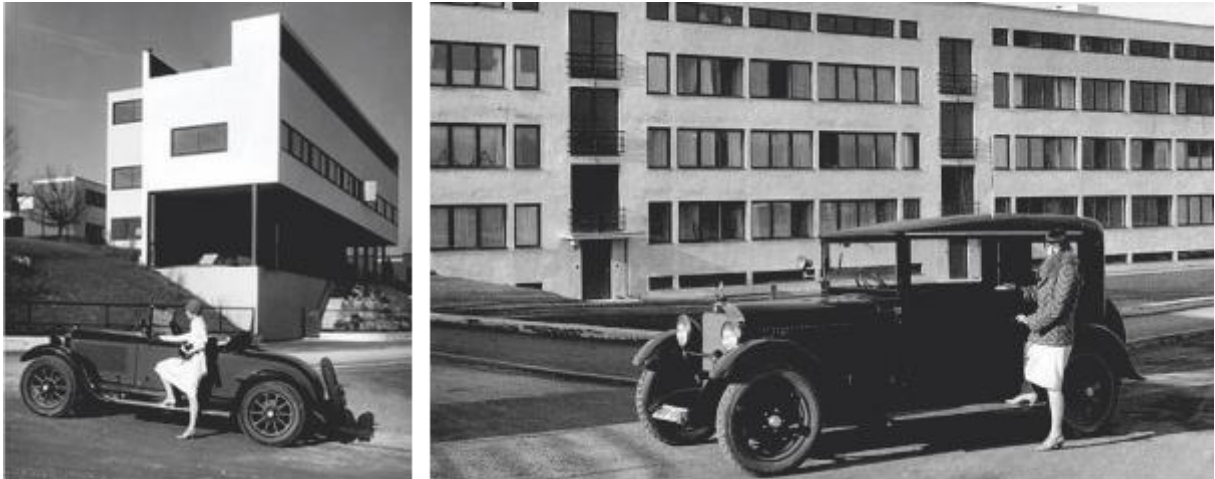


Figura 3. Relação do estilo de vida, industrialização e arquitetura

Casas Weissenhofsiedlung (1923-1927) Le Corbusier (esquerda), Mies van der Rohe (direita).

Fontes: (COHEN, 2010) e <https://sixlettercity.wordpress.com/category/troimiasto/>. Maio de 2015.

Importância da arquitetura para a reconstrução no pós-guerra

A situação das cidades destruídas no período pós-guerra⁹ destaca-se como impulsionadora para a utilização da industrialização na concepção das arquiteturas. A necessidade da reconstrução massiva criou novo interveniente ao processo de projeto dos arquitetos. Esses foram obrigados a solucionar as reconstruções em curtos prazos com grande eficiência e baixos custos.



Figura 4. Destruição massiva da Primeira Grande Guerra

Fonte: <http://www.icrc.org/por/resources/documents/photo-gallery/2014/150-years-world-war-1.htm>. Julho de 2014.

⁹ Primeira Grande Guerra (1914-1918).

2.3 As vanguardas arquitetônicas europeias

Alguns dos exemplos da chamada *Vanguarda Arquitetônica*, do início do século XX, se relacionam intimamente com a industrialização da construção.

O conjunto habitacional de Weissenhofsiedlung, construído na Alemanha em 1927, foi uma importante vitrine da vanguarda arquitetônica internacional do que mais tarde se tornou conhecido como o *Estilo Internacional*¹⁰. O conjunto foi construído para compor a exposição Deutscher Werkbund¹¹ e incluiu 21 edifícios e 60 unidades de habitações.

Os projetos foram concebidos por 15 arquitetos europeus. Mies Van Der Rohe, no comando do projeto, escolheu os arquitetos participantes, orçando e coordenando suas entradas, preparou o terreno onde se implantou as edificações e supervisionou a construção.

Os edifícios foram compostos de casas geminadas e edifícios de apartamentos. Os projetos tiveram em comum o tipo das concepções de fachadas, coberturas planas impermeabilizadas usadas como terraços, interiores de planta livre e um alto nível de pré-fabricação que permitiu sua construção em cinco meses (CABRAL, 2011).

¹⁰ Estilo Internacional ficou consagrado como um dos estilos da Arquitetura Modernista. Foi definido pelos americanos Henry-Russell Hitchcock e Philip Johnson, em 1932, na exposição de mesmo nome em Nova Iorque.

¹¹ A Deutscher Werkbund (Federação Alemã do Trabalho) fundada em 1907 por um grupo de arquitetos, designers e empresários alemães que tinham estado ligados à *Arte Nova Alemã*. Consulta https://pt.wikipedia.org/wiki/Deutscher_Werkbund, visitado em 2015.



Figura 5. Publicidade do Conjunto Weissenhofsiedlung. Alemanha, 1927

Fonte: (CABRAL, 2011)

A simplificação das soluções arquitetônicas e o emprego de um novo sistema de construção mais eficiente, devido à alta industrialização, justificava o uso dessa nova concepção aplicada à larga escala de habitação com alta taxa de reprodutibilidade. O conjunto foi apresentado como tipologia para as soluções das habitações dos trabalhadores. (CABRAL, 2011)

Casa Ampliável de Walter Gropius

Destacam-se outras experiências de Walter Gropius que, além da casa apresentada para o Conjunto de Weissenhof (1927), desenvolve em 1932 a “Casa Ampliável”. Essa possibilitava o crescimento da edificação por adição de novos volumes.

As duas casas, a de 1927 e a de 1932, eram regidas por uma ordenação modular nas três dimensões, onde as esquadrias, juntas e todos os equipamentos fixos eram dimensionados e colocados de acordo com a malha de referência. Ambas foram projetadas para serem montadas a seco, com componentes pré-fabricados,

estrutura metálica e vedação com painéis de cortiça revestido externamente com cimento amianto.

Podem ser destacadas como exemplos da *vanguarda arquitetônica* em termos construtivos tecnológicos, e também, sobre os estudos de modulação, que facilitava na produção industrializada. Nelas a escolha do módulo teve uma precisa justificação técnico-produtiva, buscando-se agilizar e racionalizar as construções.

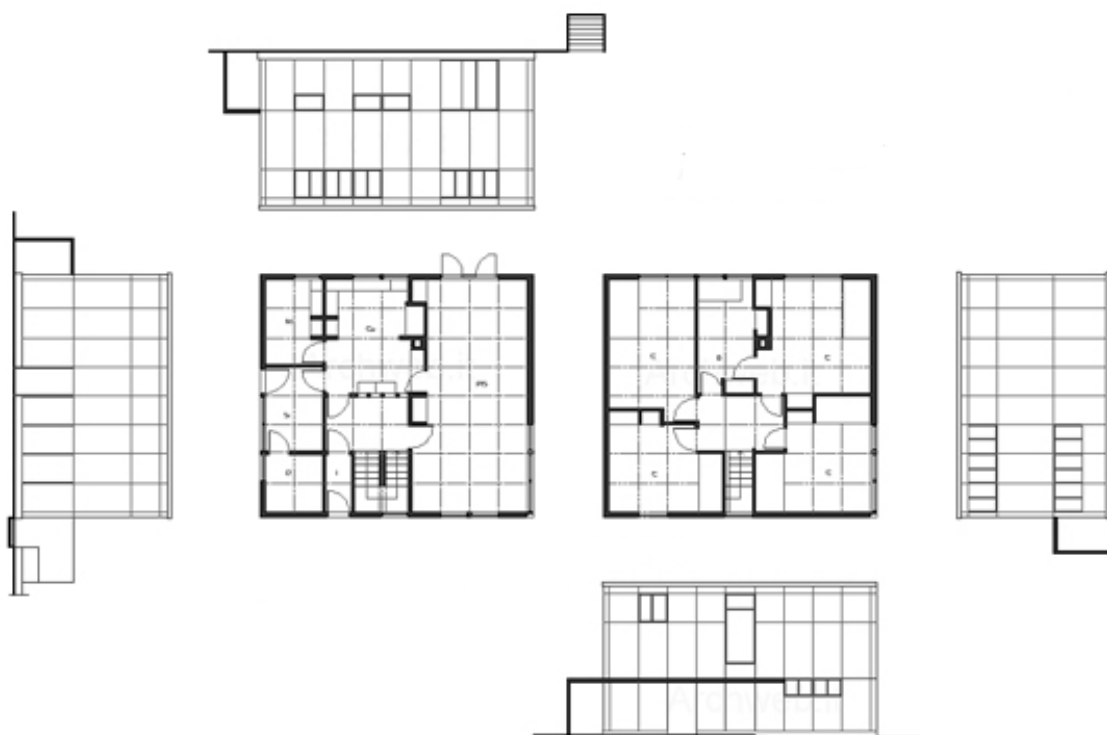


Figura 6. Casa de Walter Gropius, Weissenhofsiedlung (1927)

Fonte:

http://www.archweb.it/dwg/arch_arredi_famosi/Gropius/unifamiliare_Weissenhof/casa_unif_weissenhof.htm (Janeiro de 2013).

Em planta observa-se a malha da modulação, rebatida nas fachadas indicando que a malha reflete nas três dimensões. As linhas, que conformam as fachadas, indicam a simplificação das soluções da concepção arquitetônica frente aos tipos estéticos clássicos anteriores.

Sincronia arquitetônica: vanguardas europeias *versus* arquitetura eclética

As experiências descritas até aqui sinalizam como a introdução de novos paradigmas arquitetônicos possibilitou a projeção através de sistemas industrializados e auxiliou no desdobramento às novas tecnologias na construção.

Esse movimento provocou uma ruptura importante com relação às formas e princípios de se projetar no início do século XX. A figura abaixo demonstra como duas edificações do mesmo período possuem diferenças significativas na linguagem arquitetônica. A Villa Savoye, sob a régia das inovações arquitetônicas e o Banco do Comércio em Belo Horizonte concebido sob as antigas tradições ecléticas.

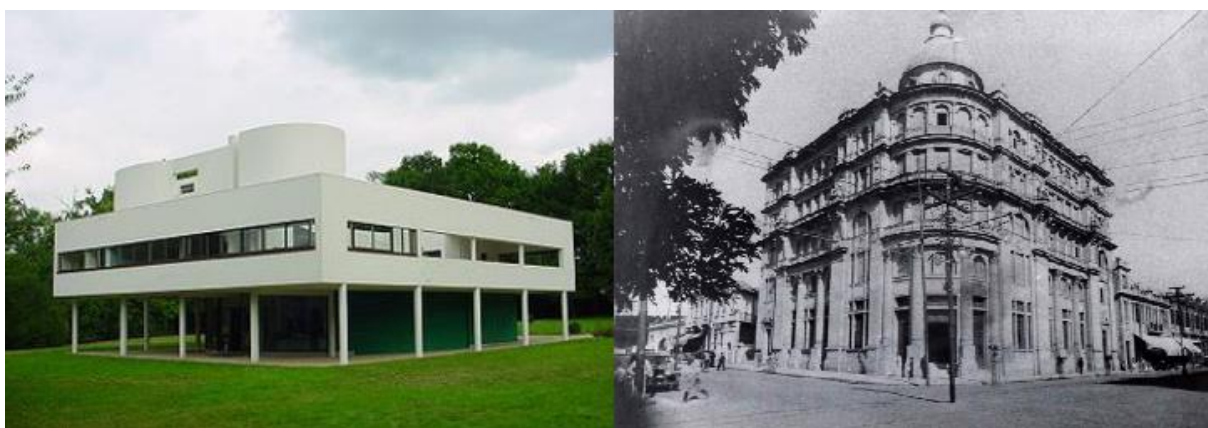


Figura 7. Comparação entre edifício modernista e eclético, década de 1920.

Imagem editada pelo autor a partir:

http://bhnostalgia.blogspot.com.br/2010_08_01_archive.html

<http://breakitdownagainn.blogspot.com.br/2010/03/villa-savoye.html>. (Janeiro de 2013)

2.4 Projeto em sistema industrializado como solução na construção civil

A instituição do sistema construtivo industrializado de concreto remete ao quadro social e econômico dos países europeus nos períodos de fim das Guerras¹².

Após a Segunda Guerra, a situação de destruição das cidades bombardeadas acarretou a necessidade de executar edificações de base, como pontes, escolas, hospitais e principalmente habitações coletivas o que determinou a necessidade de uma estratégia objetiva e racional para se pensar as reconstruções em larga escala.

¹² Primeira Guerra: 1914 a 1918. Segunda Guerra: 1939 a 1945.

Esse período foi bastante delicado, pois as cidades atingidas pela Primeira Guerra estavam ainda se recuperando. A importância da construção civil para a economia também era evidente. O Governo Francês, por exemplo, estimava que o déficit habitacional em 1948 fosse da ordem de dez milhões de unidades. Como resultado os anos entre 1945-1960 caracterizam-se por uma grande demanda na construção civil naquele país. Na Inglaterra, nesse período, todos os direitos de edificar eram absolutamente controlados pelo Estado. Os recursos gerados eram transferidos para programas sociais e para as bases de produção no país, dada a importância da construção para a economia.

A escassez de mão-de-obra, a necessidade de racionalizar os materiais e componentes construtivos e a urgência da demanda, foram prerrogativas para a utilização do sistema construtivo industrializado que se mostrou a solução mais adequada naquele contexto. Portanto, nota-se que a forma racional do pensamento industrial aplicada à construção civil foi fundamental para o reerguimento dos países atingidos.

A experiência da Holanda neste cenário levou a propostas concebidas dentro de uma **coordenação modular**, que foi um pensamento importante na interface entre a arquitetura, industrialização e a tecnologia da pré-fabricação. As contribuições teóricas de *Bouwcentrum*, em Roterdã, propunham a construção de edifícios de grande porte em que as divisões internas poderiam ser feitas de forma ágil e com grande versatilidade. Esta experiência foi de grande valor arquitetônico e evoluiu para uma progressiva substituição de componentes e experimentações. Dessa maneira havia maior estímulo na fabricação de diversos componentes em sistemas industrializados. (GREVEN e BALDAUF, 2007)

É no contexto, do pós-guerra, que se faz a opção, histórica, pelo sistema pré-fabricado como solução para a construção emergencial. Devendo-se às características próprias do sistema, como a racionalização de custos, da mão de obra e a rapidez de execução o que respondeu bem as necessidades sociais, econômicas e políticas em que se encontravam aqueles países.

2.5 Experiência Chilena (1970)

No ano de 1971 o Chile sofreu um terremoto (08 pontos na *escala Richter*) que ficou conhecido como “Terremoto de Illapel de 1971”. As regiões mais afetadas foram Illapel, Los Vilos, Salamanca, Combarbalá y La Ligua. Ocorreu a devastação de 30% das residências locais, principalmente devido ao material de construção com a qual estavam edificadas.¹³

Este evento provocou a demanda de reconstrução em larga escala, que foi solucionada com a utilização de elementos industrializados de modo a garantir a executabilidade e eficiência no reprovimento habitacional.

Este evento natural suscitou a necessidade de utilização de um sistema construtivo racionalizado.



Figura 8. Edificações afetadas pelo terremoto chileno de 1971

Fonte: http://www.emol.com/mundografico/especiales-de-emolcom/492231/terremoto-1971-tuvo-epicentro-ciudad-illapel-percibido.html?G_ID=2226&F_ID=492243. Julho de 2014.

¹³ Os dados retirados dos seguintes sites, visitados em julho de 2014:

http://es.wikipedia.org/wiki/Terremoto_de_Illapel_de_1971

<http://www.jblog.com.br/hojenahistoria.php?itemid=3665>

Solução tecnológica para reconstrução das residências

Em 1972 instalou-se no Chile a empresa KPD (Edificação com Grandes Painéis, da sigla russa: КПД). Essa foi uma doação do governo soviético ao Chile como marco do acordo de cooperação e assistência tecnológica firmado em função do terremoto de 1971. A empresa operou até 1979 e construiu 153 blocos de apartamentos compostos de unidades com área 64 a 74m² cada. Entre os anos de 1975 e 1979 a empresa esteve sob o comando de o governo militar chileno. Período em que o nome KPD foi alterado para VEP, *viviendas econômicas prefabricadas*. (VERGARA, 2014)

O sistema adotado no Chile é parte de uma genealogia desenvolvida na União Soviética no período de *Nikita Krushev* que se iniciou com bases no modelo de pré-fabricação francês *Camus* (1948). O sistema francês era capaz de produzir mais de 2.000 (duas mil) unidades habitacionais por ano. A genealogia se desdobrou em:

- Versão Russa, conhecida como: I-464; (1956)
- Versão Cubana, conhecida como: Gran Panel Soviético; (1965)
- Versão Chilena, conhecida como: KPD; (1972)

A seguir a imagem de um conjunto de blocos de edifícios construídos na cidade de Havana, Cuba, no sistema *Gran Panel Soviético*:



Figura 9. Edificações executadas a partir do modelo de pré-fabricados cubano
Fotografia José Martí Distrital de Santiago de Cuba (1965), em (ALONSO, 2011)

O sistema KPD ou VEP (pré-fabricação e montagem)

Tratava-se da fabricação de grandes painéis de concreto armado, autoportantes, com sistemas de encaixe entre peças, executados contando com uma grelha estruturante interna. Saíam da fábrica com os componentes elétricos e hidrossanitários e ancoragem para serem transportados e montados.

A fabricação seguia um rigoroso circuito de produção, fundamental à racionalização do processo. Inicialmente reuniam-se as matérias primas, que eram postas nas máquinas de processamento, seguiam para a moldagem das peças e por fim eram encaminhadas para o transporte.

O sistema (em painéis portantes) atingiu todo o Mundo, e ficou reconhecido pela grande rapidez de montagem, garantindo a eficiência necessária. O tamanho dos painéis permitia que se edificasse, assim como o *Camus*, até duas mil unidades (entre casas e apartamentos) por ano. Chegou a um total construído aproximado de 170 milhões de unidades nos países onde foi usado, tais como: França, Suíça, Alemanha, Reino Unido, Iugoslávia, Canadá, Estados Unidos, Dinamarca, Holanda, Japão.



Figura 10. Exemplo de edifício construído com a tecnologia KPD

Foto: Nolberto Salinas Gonzalez, em (VERGARA, 2014)



Figura 11. Fábrica de painéis modelo KPD

Foto: Nolberto Salinas Gonzalez, em (VERGARA, 2014)

Sobre a produção do sistema KPD, um antigo funcionário da indústria, afirma.

“Era como uma estação de trem, os guindastes içavam os painéis de concreto que haviam sido feitos na fábrica. Em seis horas eram totalmente enformados. Trinta e duas pessoas produziam um prédio de quatro andares com 24 apartamentos em 16 dias”¹⁴ (VERGARA, 2014)



Figura 12. Transporte dos painéis KPD.

Foto: Nolberto Salinas Gonzalez, (VERGARA, 2014)

¹⁴ Fala de *Servando Mora*, um dos 125 trabalhadores que tiveram a primeira fase da fábrica.

2.6 Panorama evolutivo dos processos industriais portantes de concreto

No período após a Segunda Guerra, na década de 1950, a Europa verifica o crescimento econômico devido às injeções de incentivos nas reconstruções.

Os operários mais qualificados começam a ganhar reais vantagens salariais. A mão de obra encareceu e uma parte dos operários, mais qualificados, emigrou. Aos poucos o contexto da construção civil apresenta-se em defasagem de mão de obra qualificada. A necessidade de continuar com os grandes programas de reconstrução, mantendo os adequados parâmetros técnicos, obriga a introdução de um maior grau de mecanização de forma que só a máquina poderia equilibrar a balança: **escassez de mão de obra x necessidades de construção**. Acontece a substituição gradativa das funções de canteiro pela mecanização, elevando o nível organizacional e critérios de produtividade das obras. A França, Holanda e Inglaterra implementam políticas de evolução das técnicas construtivas o que aprimorou os equipamentos e gerou um grande amadurecimento das práticas construtivas.

O desenvolvimento das construções industrializadas foi notório também na União Soviética. A partir da base tecnológica francesa desenvolveu sua própria versão do sistema e exportou a países como Chile e Cuba na década de 1970, como apresentado anteriormente. A predileção pela implementação de moradias coletivas na União Soviética se relaciona com o modelo soviético de provimento habitacional.

2.7 Primeiros industrializados de concreto nacionais

Fenômenos como a reconstrução da Europa ou eventos catastróficos do Chile não tiveram paralelo no Brasil. A primeira grande obra que utilizou o sistema em pré-moldados¹⁵ de concreto no Brasil foi o Hipódromo da Gávea, Rio de Janeiro, 1926. A empresa construtora dinamarquesa *Christiani-Nielsen* executou a obra completa com diversos de elementos pré-moldados, dentre eles, as estacas nas fundações e as cercas no perímetro do hipódromo¹⁶. (VASCONCELLOS, 2002)

¹⁵ O termo 'pré-moldado' se diferencia do 'pré-fabricado' quando há diferença no rigor de controle da produção. Ver seção: **A norma brasileira para pré-moldados de concreto**.

¹⁶ A quantidade de estacas de fundação configurou recorde sul-americano na época. A habilidade para a execução desse tipo de peça, trazida pela empresa dinamarquesa, foi patenteado no Brasil.



Figura 13. Hipódromo da Gávea, Rio de Janeiro (1926)

Fonte: <http://007bondesportes.blogspot.com.br/2011/08/gp-brasil-2011-no-hipodromo-da-gavea-o.html>. Janeiro de 2013.

A Construtora Mauá, instalada em São Paulo, executou diversos galpões em pré-moldados, e especializou-se nesse ramo na década de 1950. Neste caso as peças eram moldadas no próprio canteiro de obra. (VASCONCELLOS, 2002)

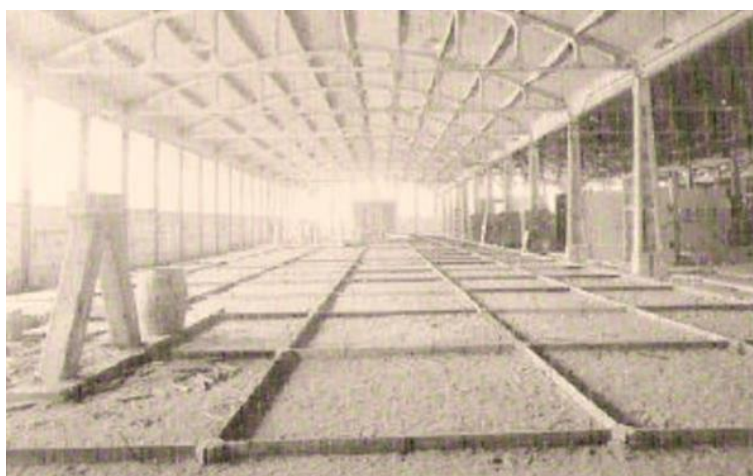


Figura 14 Galpão da construtora Mauá, sequência de vigas Vierendeel

Fonte: (VASCONCELLOS, 2002)

Um dos processos de fabricação consistia em executar as peças na horizontal (deitadas) empilhando-as uma sobre as outras intercaladas e isoladas por um papel parafinado. As peças eram executadas em sequência vertical com empilhamento

máximo de dez unidades. As formas laterais eram erguidas à medida que o concreto atingia o adequado ponto de secagem.



Figura 15. Fabricação das peças de concreto dos Galpões Mauá, São Paulo

Fonte: (VASCONCELLOS, 2002)

Conjunto residencial da Universidade de São Paulo - CRUSP

O Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo CRUSP, construído em 1964, foi um dos primeiros experimentos de construção de um edifício de múltiplos pavimentos com estrutura reticulada¹⁷ pré-moldada. Na execução da obra, a empresa enfrentou diversos problemas decorrentes da falta de especialização da mão de obra, porém a edificação foi muito bem-sucedida. As peças foram fabricadas no próprio canteiro, pois o amplo espaço disponível para a obra favoreceu a logística. (VASCONCELLOS, 2002)

¹⁷ Diz-se da composição estrutural que funciona com elementos em forma de rede conformada por barras determinadamente sequenciais. Podem ser decompostas em elementos como pilares e vigas.

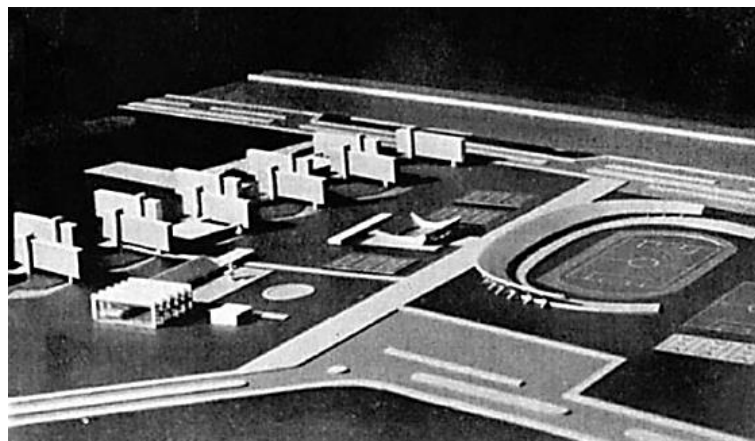


Figura 16. Maquete do conjunto da CRUSP

Fonte: http://www.revistasusp.sibi.usp.br/scielo.php?pid=S1984-45062009000100005&script=sci_arttext. Janeiro de 2013.

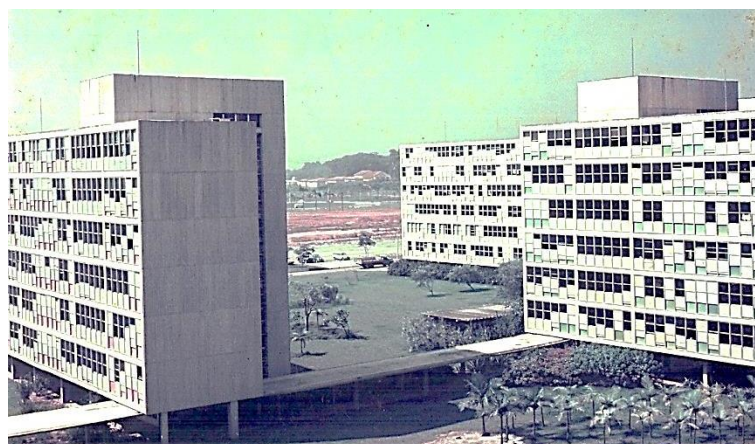


Figura 17. Foto de blocos da CRUSP

Fonte: <http://crusp68.wordpress.com/tag/crup/>. Janeiro de 2013.

2.8 Linha temporal dos sistemas industrializados de concreto no Brasil

Segundo os registros da Associação Brasileira da Construção Industrializada¹⁸ a introdução da industrialização na construção civil acontece no Brasil após a década de 1960. Qualquer experiência anterior havia sido esporádica, sem continuidade e de forma não sistematizada.

Na década de 1950 o crescimento da população nas regiões urbanas ocasionou um déficit habitacional e a necessidade por mais empregos. Em 1966 houve a criação do BNH (Banco Nacional da Habitação), que tinha por objetivo prover as habitações

¹⁸ Informações consultadas no site da instituição: <http://www.abcic.org.br/>. Janeiro de 2013.

necessárias. O Banco estimulou as habitações de construções convencionais e, com isso, o aumento da mão de obra de operários nos canteiros. Esta política atendeu às necessidades do Estado de criar empregos. O que pode ter provocado um atraso no processo industrial da construção civil brasileira.

Na segunda metade da década de 1970 o BNH adotou novas diretrizes para o setor construtivo habitacional de forma a atingir as camadas com menor poder aquisitivo e assim, mesmo que de forma tímida, estimulou novas tecnologias e a construção com elementos pré-fabricados de concreto.

Nas décadas de 1970 e 1980 o BNH e seus agentes patrocinaram alguns estudos sobre a aplicação do sistema em pré-fabricados e instalou alguns canteiros de obras experimentais, a citar: Narandiba (Bahia, 1978); Carapicuíba VII (São Paulo, 1980) e Jardim São Paulo (São Paulo, 1981).

No ano de 1983 a COHAB-SP¹⁹ estudou alguns edifícios pré-moldados das obras experimentais e, em relatórios técnicos internos, registrou a situação precária das moradias produzidas. Depois de feita perícia, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) concluiu-se que a recuperação seria inviável, técnica, operacional e economicamente. Foi recomendando a demolição completa de alguns imóveis. Esta conclusão estava relacionada ao uso de material inadequado na confecção dos painéis, à execução deficiente dos elementos estruturais e à corrosão das armaduras dos pilaretes nas paredes e tirantes nas janelas.

As patologias apresentadas em muitos prédios pré-fabricados durante a década de 1980 ocasionaram o quase total congelamento do sistema como solução construtiva durante os anos subsequentes. Vê-se uma estigmatização. Somente a partir da década de 1990 o sistema voltou à pauta, principalmente devido aos grandes investimentos que a cidade de São Paulo passou a receber tornando-se potência na construção civil do país, com necessidade de rápido crescimento infraestrutural.

2.9 Industrializados de concreto em BH

As primeiras experimentações de indústrias pré-fabricadas em Belo Horizonte são de 1959 e 1963. As atuais fornecedoras líderes do mercado local também foram as

¹⁹ Empresa estatal de construção de habitação. Companhia Habitacional serviu a diversos estados.

pioneiras na cidade. Nas três décadas iniciais (1950 a 1980) as experiências da pré-fabricação na cidade ainda eram bastante incipientes, aplicadas a pequenas fundações (estacas) e lajes com vigotas e bloco cerâmico.

A empresa “PREMO” foi aberta em 1959 e estava voltada para a produção de lajes pré-fabricadas com vigotas de concreto armado. Na década de 1980 passa à produção de outros elementos pré-fabricados de concreto. A “PRECON” foi aberta em 1963, a indústria foi localizada no município de Pedro Leopoldo, RMBH. Os registros históricos da empresa dizem que suas atividades se iniciaram lá por estar próxima a um dos maiores centros de produção de cimento do país. No início de suas atividades, era uma pequena fábrica de postes e estacas de concreto para fundações – as primeiras peças pré-fabricadas de concreto protendido do estado.



Figura 18. Fabricação de lajes em BH

Fonte: <http://www.PREMO.com.br/PREMO50anos.php>. Junho de 2015.

QUADRO RESUMO	
Histórico dos sistemas industrializados portantes	
1950 – 1970	<p>Reconstrução das cidades europeias no pós-guerra.</p> <p>Os edifícios dessa época eram constituídos de elementos pré-fabricados cujos componentes eram advindos do mesmo fornecedor. A esse fenômeno denomina-se produção em ciclo fechado.</p> <p>A utilização do ciclo fechado, com pouca diversidade, criou um estigma sobre o sistema de pré-fabricados de concreto. O sistema passou a ser visto como rígido e monótono.</p> <p>As construções massivas, e por vezes sem avaliações prévias de desempenho, ocasionaram o surgimento de muitas patologias.</p> <p>No Brasil houve pouca utilização do pré-fabricado, com a pouca estimulação do Estado. Houve estímulo para construção convencional.</p>
1971 – 1980	<p>Ocorrem alguns acidentes em edifícios construídos com grandes painéis no Brasil. Estes acidentes provocaram uma rejeição social sobre o sistema em pré-fabricados. Neste sentido houve uma grande revisão no conceito e nos processos construtivos.</p>
1980 – 2015	<p>Consolidação da pré-fabricação em ciclo aberto. Os sistemas de “ciclos abertos” surgiram na Europa para a industrialização com componentes padronizados, que poderiam ser associados com produtos de outros fabricantes. A modulação e a padronização de componentes fornecem a base para compatibilidade entre os elementos e subsistemas.</p> <p>No Brasil, em 1990, houve uma retomada da pré-fabricação a partir do crescimento da cidade de São Paulo.</p>

Tabela 1. Resumo história do sistema industrializado portante

Fonte: autor, 2015.

2.10 A contribuição de João Filgueiras Lima, “Lelé”

A contribuição de João Filgueiras, o Lelé, para a projeção em sistemas industrializados tem grande significância na cultura arquitetônica brasileira das últimas décadas. A atuação do arquiteto pode ser destacada desde a sua participação na construção da UnB, como membro da equipe do CEPLAN²⁰.

Sua carreira constituiu um importante marco para a arquitetura brasileira e para o pensamento crítico sobre os processos de produção da construção civil no país. Assim, o estudo de sua obra é exemplar como uma forma de compreender a concepção das arquiteturas industrializadas.

Lelé transitou entre a industrialização com concreto e a argamassa armada, em obras como Secretarias do Centro Administrativo da Bahia (1973) e estruturas metálicas como nos Hospitais da Rede Sarah.



Figura 19. Centro Administrativo da Bahia, Salvador (1973)

Fonte: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/06.064/423>. Maio de 2015.

²⁰ Órgão de planejamento do espaço físico da Universidade de Brasília.

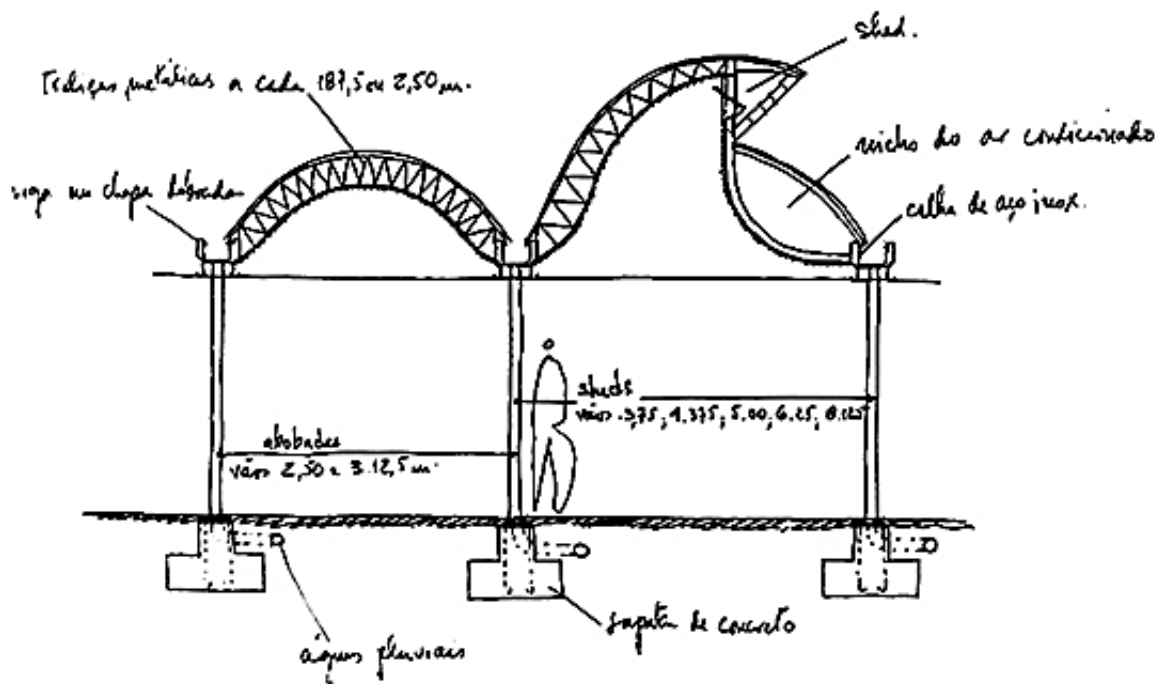


Figura 20. Croqui de Lele em sistema metálico, hospitais da rede Sarah

Fonte: <http://bamboonet.com.br/posts/o-trabalho-de-lele-morto-em-maio-ficou-marcado-pela-rede-sarah-de-hospitais-uma-referencia-na-arquitetura-bioclimatica>. Maio de 2015.

Muito embora o objeto desta dissertação sejam os pré-fabricados de concreto, interessa-nos visitar outros sistemas construtivos e apreender deles o que direciona para a industrialização da construção a partir do projeto arquitetônico. Com isso, podemos entender melhor o fenômeno da projeção em sistemas racionalizados.

Sobre a arquitetura proposta para a Rede Sarah, em sistema metálico e painéis de vedação:

*A ideia de concretizar uma arquitetura mais humana, preenchida por luz e ventilação natural, além de **racionalizada e economicamente viável**²¹, tornou a Rede Sarah um símbolo de boa arquitetura (e boa administração) em nosso tropical e carente Brasil. (...) A força das propostas de Lele, capazes de **romper a descontinuidade das políticas públicas**, e penetrarem em grande parte de nosso território, mostra que a arquitetura pode, sim, ter sua parte num mundo e num Brasil melhor. (EKERMAN, 2005)*

²¹ Grifos meus.



Figura 21. Abertura zenital de um dos Hospitais da Rede Sarah em Brasília

Fonte: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/06.064/423>. Maio de 2015.

Para Lelé a pré-fabricação não é uma questão técnica a ser tratada por industriais e engenheiros. É tema que deve ser trabalhado pelos arquitetos, apesar de ser negligenciado por estes. Para ele:

A gente só deve propor uma pré-fabricação quando ela se justifica. Por outro lado, também acho que não devemos aceitar condições vulgares que predominam hoje na construção.

(...)

A construção civil, da forma em que ainda é colocada no Brasil, tem a filosofia do desperdício e da exploração a mais vil possível da mão-de-obra, que chamam de desclassificada. (MARQUES, 2012, p. 86)

Do ponto de vista de proposição construtiva, as obras de Lelé se caracterizam por soluções pré-fabricadas que resolvem, também, problemas específicos da obra. O arquiteto propunha não apenas o desenho das peças, mas também as resoluções de logística e instalação destas. O arquiteto cria recorrências dos modelos pré-

fabricados, ou seja, há a possibilidade da produção em série de elementos específicos que compõem a edificação. Esta característica favorece a produção em ritmo industrial, em larga escala. (MARQUES, 2012)

A seguir um dos croquis do arquiteto com a elucidação do processo de montagem da Escola rural para 50 alunos, esquema de montagem, Abadiânia – GO.

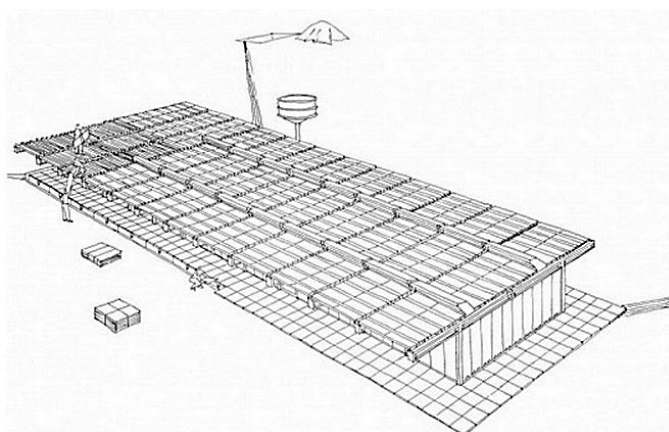


Figura 22. Esquema de montagem para uma obra de Lelé

Fonte: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/06.064/423>. Maio de 2015.

Na concepção dos Centros Integrados de Atenção a Criança, CIAC's, Lelé criou 120 tipos diferentes de peças para permitir que as composições arquitetônicas fossem feitas em uma livre associação de elementos. (PINI, 1991)



Figura 23. CIAC projeto em estrutura pré-fabricada

Fonte: <http://leonardofinotti.blogspot.com.br/2011/02/joao-filqueiras-lima-ciac-anisio.html>.

Maio de 2015.

2.10.1 Construção da UnB e a Ceplan

A construção da Universidade de Brasília (1962) pode ser destacada como um marco na experimentação arquitetônica em termos de *concepção projetual* e *execução de obra* em sistema industrializado de concreto.

Os arquitetos membros do planejamento da universidade, entre eles Oscar Niemeyer e Lelé, se aproveitaram do clima seco da cidade de Brasília e do tamanho generoso do canteiro para criar uma fábrica a céu aberto para execução das peças.

A construção do câmpus brotou do cruzamento de mentes geniais. O inquieto antropólogo Darcy Ribeiro definiu as bases da instituição. O educador Anísio Teixeira planejou o modelo pedagógico. O arquiteto Oscar Niemeyer transformou as ideias em prédios. ²²



Figura 24. Construção de edifício da UnB em pré-fabricado

Fonte: <http://câmpus.fac.unb.br/arquivo/câmpus12014/especiais/item/3300-a-cria%C3%A7%C3%A3o-da-universidade-utopia>. Maio de 2015.

Desde as primeiras obras propostas por Lelé na Ceplan houve a opção por uma tipologia que possibilitasse alta flexibilidade espacial. O arquiteto explica:

Nesse tempo se discutia muito. Na Europa, se fazia o processo Camus, muito difundido, de paredes portantes, que a União Soviética e os países do leste europeu estavam desenvolvendo em grande escala.

²² Fonte http://www.unb.br/sobre/principais_capitulos/criacao. Maio de 2015.

A proposta de pré-fabricação da Colina era inteiramente antagônica a daquele processo que, com as paredes portantes, limita muito os espaços internos. O que se pretendia aí, nessa época, eram espaços mais flexíveis. (MARQUES, 2012, p. 83)

O sistema pré-fabricado usado no Edifício Colina²³ (1963) permitia maior flexibilidade espacial, pois possui pilares e vigas de concreto com independência das vedações.



Figura 25. Edifício em peças pré-fabricadas, Colina (1963)

Fonte: <http://www.archdaily.com.br/br/602214/os-classicos-de-lele>. Maio de 2015.

2.10.2 Mobilidade no manuseio da argamassa armada

Há uma peculiaridade em sua obra, que diz respeito à utilização da argamassa armada. Diferente de obras como o Colina, que contou com peças estruturais robustas, foram propostas - em outras obras - peças leves, na tecnologia de argamassa armada. Essa é composta de uma nata de concreto com uma malha de aço conformando a armadura.

Esta tecnologia possibilita a execução de peças pré-fabricadas que podem ser transportadas e manuseadas pelos trabalhadores de maneira bastante facilitada. Foi adotada, por exemplo, para a execução de intervenções em locais de favelas, onde o acesso é dificultado.

²³ Moradia dos professores da Universidade de Brasília.

3 O PRÉ-FABRICADO E O CONTEXTO DE BELO HORIZONTE

Nesta seção serão abordados os temas que caracterizam o sistema pré-fabricado de concreto em dois âmbitos diferentes. Inicialmente serão levantadas as características gerais do sistema em suas diversas formas. Posteriormente será dada atenção às tipologias disponíveis no mercado de Belo Horizonte. Esta estrutura argumentativa ajudará a perceber que existem restrições tipológicas em nosso mercado. Está disposta sob a seguinte ordem:

- a. Sistema fechado e sistema aberto, exemplos arquitetônicos.
- b. Tipologias básicas bibliografadas.
- c. Características normativas e apontamentos técnicos.
- d. Caracterização do mercado pré-fabricado de Belo Horizonte.

Os dados foram extraídos da bibliografia especializada (citada ao longo do texto e ao final da dissertação), catálogos técnicos, consultas aos fabricantes e engenheiros da construção civil e, adicionalmente, de algumas informações coletadas ao longo da minha atuação como arquiteto. As informações foram confrontadas entre si e os resultados estão apresentados a seguir.

Apontamentos iniciais sobre a indústria, tecnologia e racionalização.

A indústria é uma atividade econômica surgida na Inglaterra, entre os séculos XVIII e XIX, que tem o objetivo de processar através de força humana, máquinas e energia uma determinada matéria-prima e transformá-la em produto-fim²⁴.

O avanço da indústria pode ser sintetizado nos seguintes períodos. (01) **Revolução Industrial** ocorrida na transição do capitalismo comercial para o capitalismo industrial na segunda metade do século XVIII. Baseada em vapor, carvão e ferro. (02) A partir de 1860 ocorre a **Segunda Revolução Industrial**, empregando aço, energia elétrica e produtos químicos. Neste período o capitalismo industrial se tornou capitalismo financeiro. (03) Em 1970 ocorre uma **Revolução Tecnológica**,

²⁴ Sobre essa definição cabe fazer a distinção entre **indústria** e o **canteiro de obra (manufatura)** à luz do que trata Sérgio Ferro (2006). Neste sentido estamos tratando, neste trecho, da produção das peças industrializadas pré-fabricadas da construção civil.

com o desenvolvimento da informática, que passa a presidir os maiores avanços da tecnologia industrial.

Nas fontes consultadas para esta dissertação, encontrou-se uma forte tendência que aponta a racionalização e os processos construtivos industrializados como superiores aos modelos convencionalistas.

Com os sistemas construtivos racionalizados, as empresas transformam os canteiros em verdadeiras linhas de montagem, aumentando a produtividade, reduzindo custos e melhorando a qualidade. A utilização desses sistemas permite o retorno antecipado do investimento, pois a execução do cronograma torna-se mais dinâmica. Além de melhorar a gestão, aumentando a produtividade e a competitividade, os sistemas industrializados reduzem os desperdícios e o volume de resíduos nas obras, com ganhos para o meio ambiente. (ABCP, 2012)

O termo **racionalização**, conforme definição dos dicionários significa colocar algo em submissão à luz da razão. Tornar algo mais eficiente, planejar o método de trabalho e organizar economicamente.

Em um sentido genérico, é o método que defende o papel central da razão na ordenação de toda atividade humana. (MARCONDES e JAPIASSÚ, 2001)

Desse modo, interessa-nos estudar os contextos que apontam na direção da industrialização, ou seja, de maior tecnologia embutida, onde há incorporação de maior grau de tecnologia ao serviço da construção civil e da arquitetura.

3.1 Sistema em ciclo fechado e sistema em ciclo aberto

Usaremos, neste trabalho, uma diferenciação conceitual entre duas formas de execução de construções pré-fabricadas. A primeira é denominada **em ciclo fechado**, proveniente da ideia que todos os elementos compositivos da edificação chegam prontos à obra, advindos de único fabricante. Tradicionalmente estão relacionados à ideia de pacote fechado. A outra, denominada **em ciclo aberto**, designa o sistema onde os elementos compositivos devem ser montados na obra. Relaciona-se com a possibilidade de conjugarem-se elementos de fabricantes diferentes. (BRUNA, 1976)

Apresentamos alguns exemplos de produção em ciclo fechado e em ciclo aberto de maneira a esclarecer os conceitos acima descritos. Logo após apresentaremos uma classificação estabelecida por (ACKER, 2002) para definir as tipologias de montagem ou produção de pré-fabricados.

3.1.1 UnB, concepção em ciclo aberto

Utilizamos, mais uma vez, o exemplo do projeto para a UnB, que foi concebido em ciclo aberto. As imagens a seguir demonstram uma das fases de execução da obra em que os elementos compositivos, lajes pilares e vigas, estão sendo posicionadas em seus locais definitivos. Os diferentes elementos são montados na obra definindo a geometria do prédio aos poucos.



Figura 26. Obra em ciclo aberto (UnB)

Fonte: http://pt.twtrland.com/profile/unb_oficial. Junho de 2015.



Figura 27. Estocagem de placas e lajes para montagem na obra (UnB)

Fonte: http://pt.twtrland.com/profile/unb_oficial. Junho de 2015.

3.1.2 Habitat 67, concepção em ciclo fechado, icônico

O Habitat 67 é uma moradia coletiva, construída para uma das maiores exposições de arquitetura já produzidas, foi executado em Montreal e é uma experiência em ciclo fechado. Os diferentes elementos estão montados quando saem da fábrica. Já são reconhecíveis as características geométricas do prédio antes de posicionadas no local final de uso.

O resultado da aparência do edifício é a disposição de 354 módulos de 5,3m x 11m x 3m pré-fabricados, sobrepostos de forma irregular, para construir cerca 150 unidades habitacionais, com variações de 18 tipos de layout. No agrupamento das unidades, a cobertura de cada casa torna-se o jardim para o vizinho de cima. Todos os moradores, apesar de morarem em um conjunto maior, possuem a sua própria casa individual com jardim e privacidade. (HABITAT 67, 2014)



Figura 28. Imagem atual do Habitat 67.

Fonte: (HABITAT 67, 2014)

O Habitat'67 não é só um projeto de exposições que vive até hoje, mas também uma tentativa de mostrar que é possível construir casas, edifícios, escolas, etc., com o mesmo tipo de método construtivo, técnicas e economia. Os banheiros, cozinhas e seus respectivos móveis e tubulações foram todos desenvolvidos e pré-fabricados no local da obra. Para que as caixas de concreto pré-moldado fossem dispostas uma em cima da outra foi preciso desenvolver um guindaste para transportá-las adequadamente, chegando até o décimo segundo andar, otimizando o tempo de construção. Moshe Safdie declara que os métodos utilizados na construção de automóveis também podem ser usados em habitações. (PASSOLD, 2012)

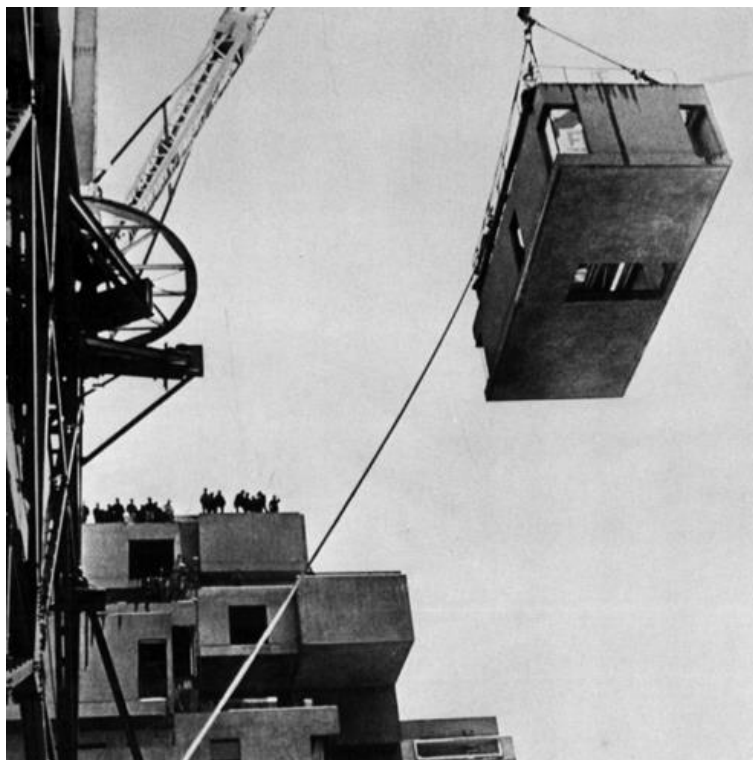


Figura 29. Içamento e instalação de um dos módulos do Habitat 67

Fonte: <http://archiveofaffinities.tumblr.com/post/5340496684/moshe-safdie-habitat-67-montral-quebec>. Julho de 2014.

3.1.3 Interesse social na Argentina, em ciclo fechado, recente

O escritório 4L ARQ²⁵ de arquitetura da Argentina desenvolveu uma habitação de interesse social para ser construído em sistema pré-fabricado de concreto, que tem sido implantado naquele país. (HENDLER, 2014)

Este projeto se justificou para ajustar um descompasso entre as necessidades demandadas e as ofertas tipológicas oferecidas pelo Estado Argentino. Os programas habitacionais tradicionais argentinos sofrem por uma rigidez na definição dos grupos sociais atendidos. Isto afeta as soluções arquitetônicas que não preveem crescimento futuro das edificações e nem alterações funcionais devido às mudanças no modo de vida dos seus habitantes. Problema que este projeto pretende resolver.

Esta nova casa conta com 30m², é executada a partir de painéis de concreto armados com isolamento térmico e passagem das instalações (energia elétrica, lógica e hidrossanitário).

²⁵ Arquitetos: Eduardo Lastra, Cristina Rodriguez, Julian Lastra, Matias Lastra.



Figura 30. Módulo habitacional básico instalado e acabado.

Fonte: (HENDLER, 2014)

Durante a produção conta-se com içamento das peças, imagem abaixo, através de guias em pontos de apoios específicos que são previstos. As paredes estruturais são produzidas com os caminhamentos infraestruturais e vãos de aberturas prontos para instalação das portas e janelas.



Figura 31. Canteiro de montagem dos módulos de habitação

Fonte: (HENDLER, 2014)

Houve implantação de uma série de 12 dessas casas na região de Añelos²⁶, no deserto da Patagônia, onde existem complicações para a construção, como a falta de mão de obra e altos custos de materiais. A execução dos módulos foi feita a 80km do local de implantação final. Na produção desses módulos foram gastos três meses e poucos dias para transporte e instalação final.

Tais módulos podem ser dispostos individualmente, com previsão de crescimento para 50m² ou 70m². Os conjuntos são compostos de módulos providos de instalações sanitárias (módulos úmidos) ou módulos secos.

As peças foram concebidas para serem facilmente transportadas através de maquinários de içamento, que chegam ao seu local de instalação pronto.



Figura 32. Içamento dos módulos habitacionais em sistema fechado.

Fonte: (HENDLER, 2014)

Os desenvolvedores do projeto defendem que esta tipologia pode atender problemas do déficit de habitação (quantitativo e qualitativo) além de situações de catástrofes. (HENDLER, 2014)

²⁶ A região de Añelos situa-se no centro oriental da província de Neuquén, na Patagônia Argentina.

3.2 Tipologias dos sistemas estruturais bibliografadas

Algumas tipologias portantes em pré-fabricados de concreto podem ser listadas e recebem uma denominação específica. (ACKER, 2002, p. 11)

Para apontar as tipologias que estão amplamente difundidas, registramos:

- a) **Estrutura aporticada.** São sistemas de pórticos compostos por pilares e vigas sequenciais. Recorrente na utilização para construção de galpões.



Figura 33. Estrutura aporticada

Fonte: <http://www.engenhariacivil.com/dimensionamento-estrutural-porticos-betao-armado>. Maio de 2015.

- b) **Estrutura em esqueleto.** São sistemas compostos por pilares, vigas e lajes. Possuem algum contraventamento para edificações médias e altas. Recorrente na utilização para edificações de múltiplos pavimentos.



Figura 34. Estrutura esqueleto

Fonte: <http://www.concreteshow.com.br/pt/imprensa/releases/764-abcic-coloca-a-construcao-industrializada-de-concreto-em-evidencia-no-concrete-show-2014>. Maio de 2015.

- c) **Estruturas em painéis estruturais.** Consistem em painéis portantes verticais e lajes de pisos.



Figura 35. Painel portante

Fonte: <http://www.mgcasassuldeminas.com.br/painel-auto-portante-termico-acustico-casas-pre-moldadas.htm>. Maio de 2015.

- d) **Estruturas para pisos.** É um sistema de estruturas em que o piso distribui as cargas concentradas para os pontos de apoio e contraventamento. Evidentemente, não necessita de formas para execução no canteiro, sendo apenas montado na obra.



Figura 36. Estrutura de piso pré-fabricado

Fonte: <http://www.PREMOldadossampaio.com.br/empresa.php>. Maio de 2015.

- e) **Sistemas para fachadas.** Consistem nos painéis (maciços ou sanduiche) para vedações externas. Podendo receber algum tratamento especial de acordo com o projeto.



Figura 37. Sistema para fachadas

Fonte: <http://www.verticalpre.com.br/index.html>. Maio de 2015.

- f) **Sistemas celulares.** Consiste em células prontas. Recorrente na utilização para blocos de sanitários ou cozinhas.



Figura 38. Sistema celular

Fonte: <http://www.canaldoengenheiro.com/banheiros-prontos/>. Maio de 2015.

3.3 A norma brasileira para pré-moldados de concreto

A NBR 9062/1985²⁷ define como pré-moldado em concreto as peças executadas fora do local de utilização final desde que sigam requisitos mínimos de controle e qualidade.

A norma faz a distinção básica entre elementos pré-moldados e pré-fabricados com base no rigor de controle de qualidade:

- Elemento pré-moldado: o que é executado fora do local de utilização definitiva na estrutura, **com controle de qualidade**.
- Elemento pré-fabricado: o que é pré-moldado, executado **industrialmente**, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obra, sob **rigorosas condições de controle** de qualidade.

Também, fixa as condições exigíveis no projeto, na execução e no controle de estruturas pré-moldadas de concreto armado ou protendido, excluídas aquelas em que se empreguem concreto leve ou outros especiais. Aplica-se também em estruturas mistas, ou seja, aquelas constituídas parcialmente de elementos pré-moldados e elementos moldados no local. Os cálculos estruturais são feitos a partir dos mesmos processos estabelecidos para o concreto moldado no local²⁸.

A norma 9062:1985 teve uma emenda no ano de 2001 que a complementou em alguns requisitos, a citar: requisitos em relação a resistências ao fogo e compatibilização nas exigências de recobrimento de ferragem.

As exigências quanto à conformação dos documentos projetuais.

*Os desenhos de execução, com formatos devidamente normalizados, devem apresentar de forma clara e precisam as dimensões e posição dos elementos pré-moldados, assim como das armaduras, insertos, furos, saliências e aberturas projetadas. **Os desenhos devem ser elaborados com vistas não somente à produção e montagem da estrutura, como também à facilidade do controle de qualidade durante o processo de produção e***

²⁷ NBR 9062:1985. Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado. Emenda 2001.

²⁸ Norma para estruturas de concreto (NBR 6118:2013).

do elemento acabado e devem conter referências, quando for o caso, a outros desenhos relacionados. No caso de subsequente alteração de um desenho, todos os outros desenhos devem ser devidamente corrigidos, mantendo-se registro das modificações. (ABNT, 2001, p. 7)²⁹

A norma prevê tolerâncias dimensionais, entre projeto e execução, em virtude de desvios na produção, localização, verticalidade da obra e montagem das peças. As dimensões nominais, de fabricação, são definidas em função destas tolerâncias. São divididas em tolerâncias longitudinais e transversais, em relação à sua seção.

TOLERÂNCIA NAS DIMENSÕES LONGITUDINAIS	
Até 5 m	±1,0 cm
Entre 5,0 e 15,0 m	± 1,5 cm
Acima de 15,0 m	± 2,0 cm

Tabela 2. Tolerâncias dimensionais

Fonte. (ABNT, 2001)

A tolerância para as dimensões transversais é de $\pm 0,5$ cm para peças isoladas. Na montagem de elementos que tenham um contorno justaposto a um contorno semelhante, de outro elemento, a tolerância de justaposição é de 2,0 cm.

Observa-se que essa norma está direcionada para a obras de composição tipo esqueleto, elementos pré-fabricados e montados na obra.

Os elementos compositivos da edificação previstos nessa norma são: elementos de flexão simples, **vigas** e **lajes**; elementos de flexão composta, **pilares**; elementos de fundação; peças compostas, elementos de concreto executados em moldagens distintas e interligados de forma a atuar em conjunto sob o efeito das ações aplicadas após a sua junção. Também, os tipos de ligações, junta seca, interligação com camada de argamassa, concretagem no local, rótulas metálicas e almofadas de elastômeros. Os tipos de ligação definirão a mecânica estrutural dos edifícios, se isostáticas ou hiperestáticas³⁰.

²⁹ Grifo meu.

³⁰ Estruturas isostáticas e hiperestáticas são estáveis, diferente das estruturas hipostáticas. Diferencia-se a primeira da segunda em a relação às restrições de movimento. As estruturas hiperestáticas não possuem rótulas, o que impede qualquer movimento.

3.4 Outros apontamentos técnicos

É necessário que façamos um apanhado de alguns aspectos técnicos que são peculiares ao sistema pré-fabricado. E, por serem específicos e diversos, serão tratados em tópicos.

Controle e produção industrial do concreto

As matérias primas do concreto são: o cimento, água, areia e brita. Estes são dosados em balanças eletrônicas. O cimento utilizado é do tipo ARI (cimento de alta resistência inicial). O controle de umidade da areia é feito eletronicamente na saída da comporta de armazenagem, a leitura da umidade é importante para que se possa descontar a quantidade de água de amassamento, o que proporciona um concreto de textura uniforme. O amassamento do concreto é feito em centrais mecanizadas de mistura forçada e os processos de dosagens dos componentes são controlados por dispositivos computadorizados.

O cálculo das estruturas de concreto é feito com base no projeto arquitetônico e no valor de algumas variáveis, como por exemplo, a resistência do concreto a ser utilizado.

O valor da resistência do concreto (fck) será necessário em diversas etapas da obra, como, por exemplo, para cotar os preços do concreto junto ao mercado, pois o valor do metro cúbico de concreto varia conforme a resistência (fck), o *slump*, o uso de adições e outros. O fck, que varia de 25 a 45 Mpa, é verificado laboratorialmente por metodologias específicas ditadas por norma, NBR 5739:1994.

A relação água/cimento³¹ deve ser reduzida ao mínimo possível, pois há maior controle de características do concreto. O adensamento e a cura também são otimizados uma vez que são feitos sob uma condição mais bem controlada que as obras de concreto convencional.

Segundo dados apresentados pela ABCI, extraídos do *Delt Precast Concrete Institute*, a participação do volume de cimento destinado ao concreto pré-fabricado é

³¹ A relação água cimento influencia em diversas características do concreto, como a trabalhabilidade, a porosidade, permeabilidade, resistência, durabilidade. Quanto menor for a relação maior é a durabilidade de estrutura.

de 4,5% no Brasil. Em outros países, como a Finlândia ou Dinamarca, essa participação é superior a 40%. **Isto é um indicativo do atraso brasileiro em termos de industrialização da construção civil.**

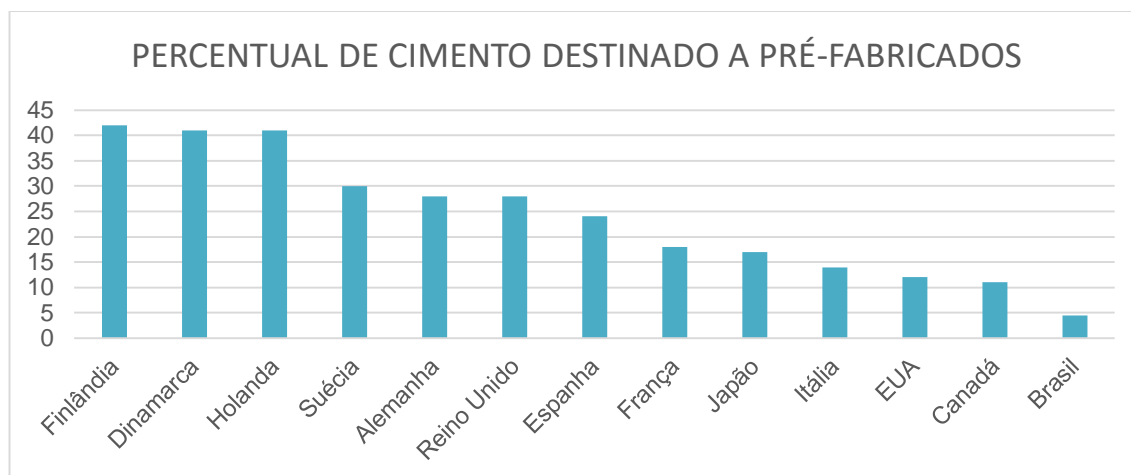


Figura 39. Gráfico comparativo de uso de cimento

Fonte: ABCI, associação brasileira da construção industrializada. 2014.

As fôrmas e a concretagem (moldagem, cura e desmoldagem)

No processo de fabricação utilizam-se as fôrmas de molde e as esteiras de pista longa, usadas para execução de lajes, telhas e vigas. O comprimento³² é definido por peças chamadas limitadores, dispostos conforme projeto. As peças produzidas são moldadas em fôrmas metálicas que garantem uniformidade dimensional e de acabamento. Têm a vantagem de possuir altíssimo grau de reutilização.

As fábricas contam com um setor de caldeiraria e serralheria que promovem ajustes nas fôrmas e pequenas adaptações impostas pelo projeto estrutural (modo de ancoragem, desenho de consoles, pontos de apoio especial, etc.).

Esteiras de fabricação de lajes alveolares protendidas têm **largura padrão de 125cm** e comprimento definido pelo transporte e projeto.

O concreto é lançado nas fôrmas e adensado por vibradores mecanizados. A cura do concreto é feita através da cura térmica, esta técnica assegura às peças condições mecânicas de desmoldagens diárias.

³² Para determinação do comprimento máximo de uma peça deve-se levar em consideração a logística de transporte até o local de montagem, que pode variar conforme a região da cidade.

A seguir, imagens das duas principais fábricas de Belo Horizonte



Figura 40. Fábrica de peças industrializadas em Belo Horizonte (PREMO).

Foto: Geraldo Ângelo Silva Dinho. Julho de 2014.

Disponível: <http://instagram.com/p/lx01pEkxQZ/?modal=true>



Figura 41. Fábrica de peças industrializadas em Belo Horizonte (PRECON).

Foto: Geraldo Ângelo Silva Dinho. Julho de 2014.

Disponível: <http://instagram.com/p/lx01pEkxQZ/?modal=true>

Transporte e controle da qualidade

Segundo informações prestadas pelas empresas consultadas, o transporte e a montagem da estrutura no seu local definitivo são feitos, de praxe, pela própria empresa fabricante, que disponibiliza seu *know-how* para este serviço. Asseguram manter o controle de qualidade da produção, transporte e montagem através de relatórios e inspeções rotineiras. São projetadas alças auxiliares para transporte e movimentação das peças.

O canteiro de obra

A condição do canteiro de obra é um aspecto importante e, muitas vezes, definidor para a execução, ou não, de obras em pré-fabricados. A área disponível para a implantação do canteiro deve fornecer condições de instalação de equipamentos de transporte e manipulação das peças, como as guas. Deve fornecer, também, espaço suficiente para armazenagem de peças, que são acumuladas, mesmo que por pouco tempo, até sua instalação no local definitivo.

Se houver condição de instalação de uma fábrica temporária junto à obra, pode haver benefícios, como a redução do tempo de transporte, eliminação de taxas de transporte de produtos industrializados (ICMS), facilidade de manipulação das peças e melhor logística.

Estruturação e contraventamento para edifícios altos

Nos projetos que exigem grandes alturas e esbelteza do edifício, é necessário que o cálculo estrutural conte com ligações rígidas entre os elementos e sistemas de contraventamento, para evitar os esforços horizontais.

No passado, as ligações entre viga e pilar em estruturas pré-fabricadas consistiam apenas de rótulas, ou seja, de ligações que permitem a rotação relativa entre as vigas e os pilares. Desta forma, as estruturas eram mais sensíveis às ações horizontais, principalmente quando comparadas às moldadas no local, em que há ligação monolítica entre vigas e pilares. (COTTA, 2009)

Durante o projeto arquitetônico é necessário que se preveja possibilidade de criar elementos de contraventamento. O que pode ser feito através de um núcleo rígido, por exemplo.

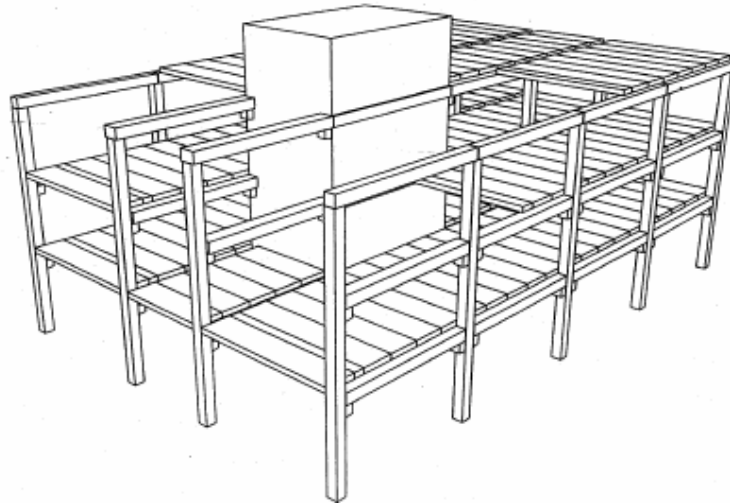


Figura 42. Modelo de contraventamento de estruturas com núcleo rígido

Fonte: (ACKER, 2002)

Escala de produção – regra da indústria

Para que haja viabilidade econômica de execução de elementos pré-fabricados é necessário que haja escala de produção, o que gera interesse comercial. Este fenômeno pode ser entendido arquitetonicamente sob dois pontos de vistas.

- O primeiro, em que há um movimento **do projeto para a fábrica**, quando o projeto arquitetônico cria peças para serem feitas em série. Este serve resolver um projeto específico (como exemplo das obras de Lelé para a UnB). A peça nasce para atender ao projeto.
- O segundo, em um movimento inverso ao anterior, **da fábrica para o projeto**, quando o mercado define uma peça para produção e esta é usada pelo arquiteto em seu projeto (através de um catálogo). A peça não é exclusiva para um determinado projeto.

A padronização é recomendada na pré-fabricação. Entretanto esta **padronização** refere-se, hoje em dia, basicamente à standardização de detalhes de seções e geometrias das peças (vigas, pilares e lajes de piso). Não à repetição tipológica da arquitetura completa (um mesmo prédio repetido inúmeras vezes). (ACKER, 2002)

Variedade de peças

O sistema descrito pela norma 9062:2001 define as regras para o sistema esqueleto, esse é composto basicamente pelas vigas, pilares, lajes e blocos. Este sistema é comumente utilizado nas obras em pré-fabricados do Brasil.

As tipologias de peças básicas catalogadas estão enumeradas a seguir. Há uma pequena variação nos formatos entre os fabricantes. As dimensões de seção são pré-definidas em função do vão e das cargas de uso normatizadas.

Lajes e painéis: painel nervurado, duplo T e laje alveolar.

Seção de pilares: redondo, quadrado e retangular.

Vigas: com apoio tipo L, vigas I (maiores vãos) e vigas calha.

Apoios entre pilares e vigas: trapezoidal e retangular (dente gerber).

As tabelas de pré-dimensionamento são disponibilizadas pelos fabricantes e também são amplamente difundidas nas bibliografias. Com base em El Debs (2000) e em catálogos consultados apresenta-se um resumo com as seções típicas e o pré-dimensionamento das peças.

GEOMETRIA DA SEÇÃO	VÃO TÍPICO MÁXIMO	VARIAÇÃO DA ALTURA DA PEÇA
	VIGA I / VIGA CALHA / RETANGULAR VIGA I / CALHA, VÃO: 20 m protendido VIGA RETANGULAR, VÃO: 12 m	I / CALHA 80-180 cm RETANGULAR 60-80 cm
	VIGA T / VIGAS L VÃO 10 m protendido	70-120 cm

	PAINEL NERVURADO, VÃO: 7,50 m PAINEL DUPLO T, VÃO: 24,00 m LAJE ALVEOLAR: VÃO: 25,00 m	18 cm 30-80 cm 10-30 cm
	PILAR REDONDO PILAR QUADRADO PILAR RETANGULAR	20-70 cm
	SUPORTE TRAPEZOIDAL SUPORTE RETANGULAR	70-120 cm
	ELEMENTO DE SEÇÃO U VÃO 10 m	150-300 cm
	ELEMENTO DE SEÇÃO U INVERTIDA VÃO 20 m	200-700 cm
	LAJE PRÉ-FABRICADA NERVURADA VÃOS 12 m	200-300 cm

Observação: os valores de vãos e de seções são aproximados.

Tabela 3. Seção e pré-dimensionamento das peças típicas

Fonte: autor, 2015.

Lajes alveolares protendidas

As lajes alveolares protendidas possuem vantagens frente a outras opções. Vencem vãos maiores e funcionam como laje de piso ou como painéis de fechamento vertical. As lajes são econômicas devido à eficiência mecânica atingida a partir de sua geometria. Quando comparada à obra convencional a montagem das lajes é rápida e o processo desobriga a utilização de escoramento e fôrmas. São habitualmente produzidas em faixas de 125 cm de largura, conforme a fôrma típica.

As lajes alveolares permitem a realização de furos e recortes para atender a instalações prediais. Devem ser observadas as posições dos furos de modo a não romperem os cabos de protensão (esquerda da imagem abaixo).

A posição mais tradicional de instalação das lajes é biapoiada entre vigas. Os pequenos recortes, quando necessários, podem ser concebidos desde o anteprojeto de arquitetura. São executados pelos fabricantes de duas maneiras: apoiando-se a placa a ser recortada em suportes auxiliares (centro da imagem) ou através da combinação de recortes nas placas, máximo até 2/3 dela (direita da imagem abaixo).

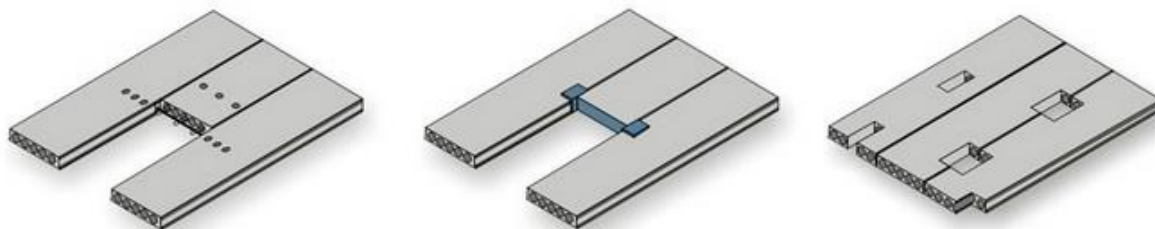


Figura 43. Furo e recortes em laje

Fonte: www.cassolprefabricados.com.br. Junho de 2015.

Tipos de apoio

O sistema estrutural “esqueleto” exige apoios que suportam e distribuem as cargas através das demais peças. Dois apoios são os mais usados: trapezoidal e retangular.



Figura 44. Exemplo de apoio de viga em pilar.

Fonte <http://www.PREMOdisa.com.br/produtos/lajes>. Janeiro de 2013.

À esquerda apresenta-se a viga, de seção quadrada, com o apoio de mísula tipo “dente gerber”. Neste caso o arremate resultante é regular, permitindo uma maior racionalização no requadro de vedação, que poderá ser instalado posteriormente. À direita a viga, de seção ‘I’, a mísula do tipo trapezoidal.

Instalações prediais

As instalações prediais podem ser previamente integradas nas peças pré-fabricadas. O exemplo mais recorrente é o da tubulação de água pluvial que costuma estar prevista dentro das colunas (pilares) ou nos elementos de fachadas (painéis). É possível prever o posicionamento de caixas de passagem, para a rede elétrica, por exemplo.

3.4.1 Algumas características específicas de Belo Horizonte

A tipologia que caracteriza majoritariamente o mercado de pré-fabricado em Belo Horizonte é o sistema em ciclo aberto, com montagem tipo esqueleto. Constituem-se basicamente pelas seguintes peças: **blocos de fundação, pilares, vigas, lajes e painéis**³³.

³³ Demonstrado no início da seção. Ver **Tabela 3. Seção e pré-dimensionamento das peças típicas**

A execução, de modo simplificado, pode ser descrita da seguinte maneira:

A partir das fundações, com os blocos prontos, encaixam-se os pilares, que conformam os suportes verticais. Estes recebem as cargas das vigas, conformando os suportes horizontais. As vigas recebem os apoios dos pisos. As vedações serão ancoradas neste conjunto, dependendo do modelo adotado. As coberturas são executadas com apoio de vigas calha e telhas, ou alternativamente com painéis alveolares de cobertura (semelhantes aos de piso) associadas a vigas tipo **T** ou **L**.

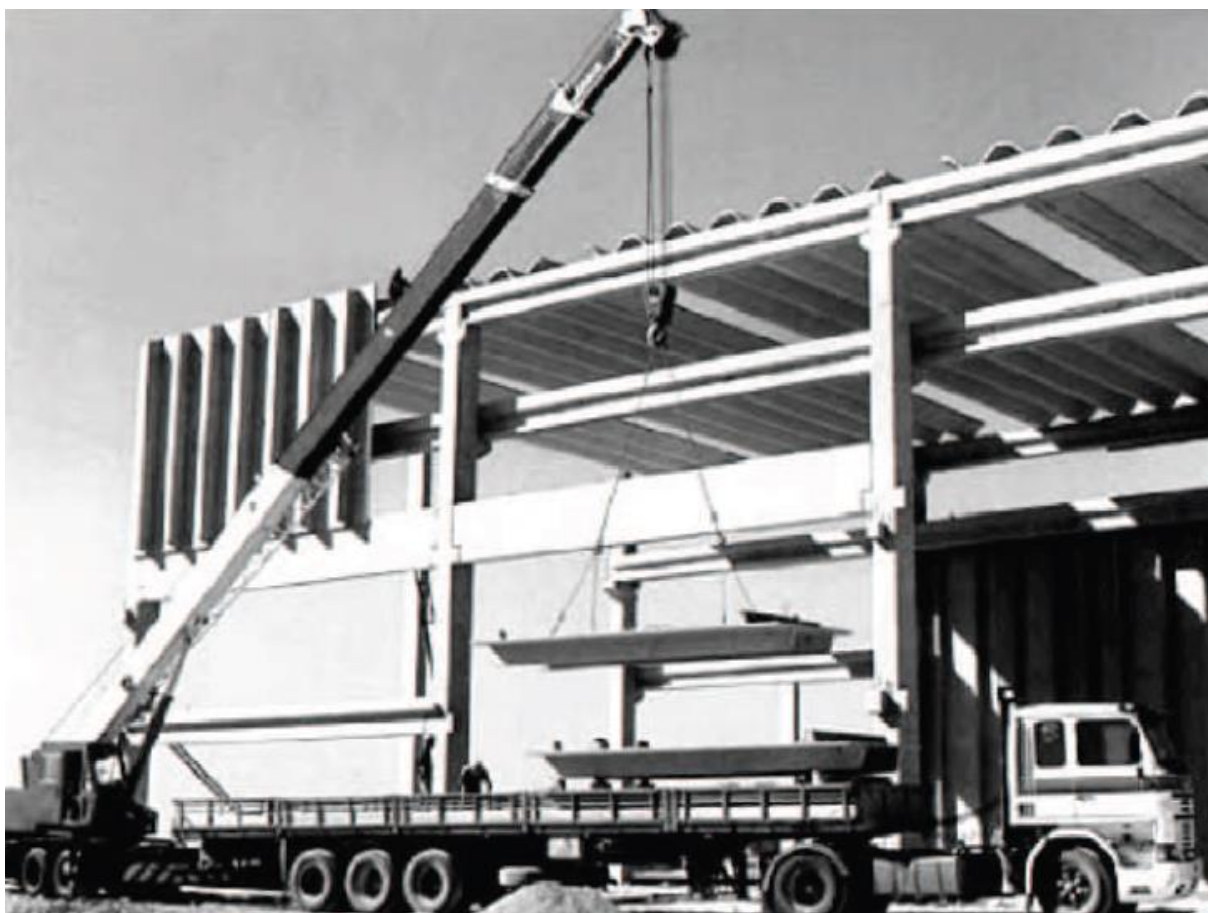


Figura 45. Exemplo de uma estrutura típica do mercado em BH

Fonte: (PREMO MANUAL TÉCNICO DE CONSTRUÇÕES PRÉ-FABRICADAS, Sem Data)

Processo de montagem. Galpão com os elementos: vigas, pilares, consolo, painéis de vedação horizontal e cobertura.

A execução de obra através de painéis também existe no mercado de Belo Horizonte, mas é utilizada em menor escala.

Como vantagem às convencionais alvenarias, os painéis diminuem o desperdício e são de rápida instalação. Têm incorporadas as instalações elétricas e hidráulicas.

No sistema convencional, depois que a parede está pronta, o operário recorta a alvenaria para que sejam instaladas as fiações e as instalações hidrossanitárias. Depois de posicionadas as instalações, o operário preenche os vazios com argamassa, para o acabamento.

Há uma óbvia falta de racionalização nesta forma de produção, com alta geração de resíduos.



Figura 46. Instalações prediais em alvenarias com recortes e preenchimentos

Fonte: <http://www.lealmoreira.com.br/empreendimento/torre-vitta-office/obras/194>. Junho de 2015.

3.4.1.1 Os fabricantes

Os fornecedores de Belo Horizonte possuem semelhantes formas de atuação. Possuem fábricas fixas, na região metropolitana, e transportam as peças prontas para as obras, sob encomenda.

Um dos fornecedores pesquisados, entretanto, atua de forma inversa, possui capacidade de instalar as fábricas dentro do canteiro de obra, transportando apenas uma vez os equipamentos de fabricação³⁴.

No passado, havia dificuldade em produzir edifícios hiperestáticos em Belo Horizonte, devido às exigências tecnológicas das ligações.

As edificações contavam com ligações isostáticas, o que limitava o tipo de projeto que podia ser concebido, **havia uma restrição tecnológica.**

³⁴ A entrevista com o diretor dessa empresa é parte da seção **ENTREVISTAS**.

Hoje as tecnologias de enrijecimento das ligações entre peças já são dominadas pelos fabricantes o que permite a projeção de edifícios de múltiplos pavimentos de forma mais facilitada.

3.4.1.2 Painéis de vedação para MCMV

Os fornecedores vêm produzindo um painel para habitações do MCMV, sem função estrutural, com preenchimento de blocos cerâmicos. Já são produzidos com a posição de portas, janelas e passagens das instalações.



Figura 47. Painel de vedação utilizado para edificações do MCMV

Fonte: <http://www.fdc.org.br/professoresepesquisa/publicacoes/Paginas/publicacao-detalle.aspx?publicacao=18282>. Maio de 2015.



Figura 48. Fabricação do painel

Fonte: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/186/paineis-de-vedacao-pre-fabricados-mistos-287987-1.aspx>. Maio de 2015.



Figura 49. Fabricação de painéis, contexto geral

Fonte: <http://www.fdc.org.br/professoresepesquisa/publicacoes/Paginas/publicacao-detalle.aspx?publicacao=18282>. Maio de 2015.

Os painéis de fachada recebem revestimento de argamassa de 1,5cm nas faces externas. Nas faces internas, depois de instalado, um revestimento de 0,5cm de gesso. Totalizando uma espessura de 13,5cm.

Os painéis internos recebem revestimento de gesso de 0,5cm nas faces, o que totaliza uma espessura de 12,5cm. Nas faces com cerâmica, há um revestimento de 0,5cm de gesso e depois a cerâmica. Totalizando uma espessura de 14cm.

A produção acontece em mesas metálicas suspensas, a uma altura de 1,0m, e apresentam dimensões definidas em projeto de acordo com o tipo de painel. Possuem guias metálicas instaladas nas fôrmas, que auxiliam a distribuição dos blocos cerâmicos e o posicionamento das esquadrias.

O comprimento máximo dos painéis é de aproximadamente 4,0m, podendo ter alturas de 2,30m ou de 2,60m, conforme projeto.

Nesta situação há maior conforto para os operários executarem os painéis (se comparado com alvenarias). Os materiais utilizados são os mesmos de uma alvenaria convencional, o que resulta em um painel com as mesmas propriedades físicas e de desempenho.

3.4.1.3 Painéis arquiteturais em Belo Horizonte

Os painéis de fachada, ou *painéis arquiteturais*, não possuem função estrutural e são pré-moldados em concreto. Podem ter desenhos exclusivos definidos no projeto.

Como entrevistamos dois fabricantes diferentes, pudemos ouvir dois pontos de vistas divergentes sobre o uso desses painéis arquiteturais. Um dos fabricantes considera-o "*não competitivo no mercado de Belo Horizonte*" devido ao preço elevado. Entretanto, o outro fabricante citou uma de suas obras prediais para demonstrar a viabilidade do produto.

Segundo o fabricante, a opção do cliente foi pelo painel arquitetural devido à facilidade de execução da fachada de um prédio com planta circular, adicionalmente há vantagem no acabamento refinado já no momento da instalação, o que reduziu o preço global do empreendimento. A seguir uma imagem do empreendimento com uso do painel em planta circular.

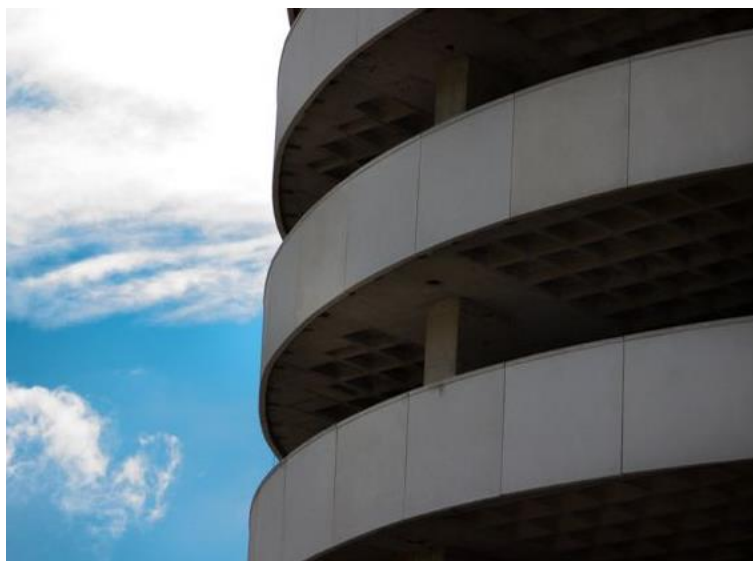


Figura 50. Painel arquitetural executado em Belo Horizonte

Fonte: <http://www.teicon.com.br/produtos/1/30/paineis-arquiteturaj>. Maio de 2015.

Através da comparação entre a posição dos fabricantes acerca dos painéis arquiteturais em Belo Horizonte, **verifica-se que o fator custo precisa ser relativizado**. O que é considerado caro, ou não competitivo, em determinado contexto pode significar um ganho em outra conjuntura.

3.4.1.4 Painéis portantes, habitações

Estão disponíveis, apesar de pouco utilizadas, tecnologias para execução de edifícios com painéis portantes.

As experiências apresentadas nas páginas a seguir são para habitações, porém a lógica construtiva poderia ser aplicada a qualquer tipo de edifício. Existem experiências de uso dos painéis portantes nos diversos segmentos habitacionais: multifamiliar de interesse social ou de alto padrão, unifamiliar de interesse social ou de alto padrão.

Multifamiliar Interesse social

As empresas têm buscado desenvolver produtos que atendam aos requisitos exigidos para construção de habitações de interesse social estabelecido pelo programa Minha Casa Minha Vida.



Figura 51. Obra de edifício de múltiplos pavimentos com painéis em BH.

Fonte: <http://www.PREMO.com.br/realizacoes.php>. Julho de 2014.

Exemplo localizado na Região Metropolitana de Belo Horizonte. Conjunto composto de 03 torres de 04 pavimentos cada. Total 72 unidades habitacionais de 50 m² (média). Este padrão atende ao exigido pelo programa MCMV.

Edifícios de múltiplos pavimentos de alto valor no mercado imobiliário



Figura 52. Obra de edifício de múltiplos pavimentos com painéis em BH

Fonte: <http://www.PREMO.com.br/realizacoes.php>. Julho de 2014.



Figura 53. Edifício painéis industrializados finalizado em BH

Fonte: <http://www.PREMO.com.br/realizacoes.php>. Julho de 2014.

Execução de casas de interesse social

Uma das empresas do mercado de Belo Horizonte desenvolveu uma tecnologia que atende aos requisitos do MCMV em um tempo de construção reduzida.

A empresa que produz informa que essa tecnologia viabiliza a construção de uma casa em três horas para montagem e uma semana para ficar pronta, sendo construídas sobre radier³⁵. Um prédio de dez andares nessa tecnologia seria executado, em média, em seis meses, o que representa uma redução da ordem de 65% no tempo de obra se comparado com o sistema convencional.



Figura 54. Protótipo para casa unifamiliar

Fonte: <http://www.PREMO.com.br/realizacoes.php>. Julho de 2014.

³⁵ Radiers são lajes de concreto armado em contato direto com o solo que captam as cargas dos pilares e paredes e descarregam sobre uma grande área do solo.

Pesquisado em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Radier>; julho de 2014.

Execução de casas de alto valor no mercado imobiliário

Estrutura em painéis arquitetônicos de concreto desenvolvidos em função do projeto arquitetônico.



Figura 55. Residência de alto padrão montada em 07 dias

Fonte: <http://www.PREMO.com.br/realizacoes.php>. Julho de 2014.

Projeto: R. Moreira / J. Fernandes / M. Queiróz.

3.4.1.5 Tipologias especiais

Os complexos esportivos podem ser especialmente estudados em sistemas pré-fabricados por suas características próprias. A repetição de elementos, como as arquibancadas, é um fator que se predispõe à pré-fabricação. (ACKER, 2002, p. 21)

A construção do Novo Estádio do Independência, 2010, destacou-se na construção civil da cidade de Belo Horizonte. Como a obra utilizou elementos pré-fabricados abriu-se uma importante discussão acerca da utilização dos elementos pré-fabricados de concreto.

O ensejo das obras para a copa do mundo de 2014 ampliou esta discussão. O projeto executivo para a reforma do Estádio do Mineirão previu a grande esplanada de acesso em painéis pré-fabricados de concreto.

A construção de tipologias especiais pode ser viabilizada através da demanda específica, **desde que a obra gere volume que justifique a produção em série.**



Figura 56. Arquibancadas em concreto pré-fabricado

Fonte: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=703984&page=48>. Maio de 2015.



Figura 57. Execução da esplanada do Mineirão

Fonte: <http://www.portal2014.org.br/>. Julho 2014.

3.4.1.6 Comparativo de preços³⁶

No intuito de construir uma **base de dados comparativa**, de consulta rápida, sobre os preços de estruturas portantes em diferentes sistemas construtivos em Belo Horizonte, procedeu-se a elaboração de três estimativas de custos.

As opções levantadas foram: estrutura em pré-fabricado de concreto, estrutura em concreto moldado no local e estrutura em perfis estruturais de aço.

QUADRO COMPARATIVO: PREÇOS POR ÁREA DE CONSTRUÇÃO EM BELO HORIZONTE	
Área aproximada do projeto de referência: 1.800m ² , distribuídos em 06 pavimentos. Base de dados de fevereiro de 2015. Objeto: estrutura tipo esqueleto com pilares, vigas e lajes. Ver apêndice B desta dissertação sobre a formação de quadro comparativo.	
Estrutura em pré-fabricado de concreto	646,50 R\$/m ²
Estrutura em concreto armado moldado no local	407,19 R\$/m ²
Estrutura em perfis estruturais de aço	936,74 R\$/m ²

Tabela 4. Quadro comparativo de preços por m²

Fonte: preços praticados nas construções da UFMG, 2015.

Nesta comparação, a estimativa por m² de construção, pode-se confirmar que os valores unitários variam em uma grande margem. Por exemplo, o valor unitário da estrutura de aço é 2,3 vezes maior que a estrutura convencional. O valor da estrutura de concreto pré-fabricado é 1,6 vezes maior.

A nosso ver é necessário ressaltar, entretanto, que não se deve usar o critério de preço como único fator de decisão para a definição do sistema construtivo.

Não é tarefa fácil encontrar exemplos de empreendimentos comerciais para *shopping centers* executados em sistema convencional. Isto acontece porque o menor tempo para execução de obra significa ganho comercial, inaugurar o empreendimento mais rapidamente significa obter o retorno financeiro da obra.

Se o lucro é aferido após a remuneração do capital empregado na realização do empreendimento, reduzir o tempo de construção e de venda implica em reduzir o custo do capital empregado. Assim, uma consequência natural do

³⁶ Ver em apêndices: Resumo metodológico de comparação de preços.

planejamento dos empreendimentos é a redução dos prazos de implantação, o que estimularia, em tese, a adoção de processos de industrialização da construção e de montagem a seco, com sobreposição de etapas e transferência de parte da produção para fora do canteiro de obras. (MACIEL, 2013)

Quando se comparam os valores absolutos da construção em sistema convencional (alvenaria e concreto armado moldado no local) com outros sistemas construtivos, observam-se valores apriorísticos mais vantajosos. Entretanto, de nada vale esses dados sem uma contextualização, necessária à concepção arquitetônica. A vantagem econômica (ao investidor) surge quando o este custo é dirimido em outros itens, como a redução de tempo de obra.

4 A CONCEPÇÃO NO CONTEXTO DESTE ESTUDO

4.1 Considerações preliminares desta seção

O processo de concepção de projeto é uma fase rica de informações e, normalmente, o arquiteto, ou sua equipe, busca dar as respostas aos problemas de maneira a equilibrar diferentes intervenientes, demandas e condicionantes.

Ao conceberem suas obras, alguns arquitetos buscam referências, o que forma a base de um *repertório arquitetônico*. Este fenômeno, em certo sentido, pode criar uma **inércia cultural** que resulta na manutenção dos tipos desenvolvidos.

Os projetos em estruturas pré-fabricadas não devem condicionar as soluções arquitetônicas. A estrutura é apenas mais um dos intervenientes a serem considerados. O resultado estético não precisa ser limitado, conforme indica o estudo chileno que será apresentado mais adiante.

A partir da percepção da arquitetura como um importante campo do conhecimento, que se instala de forma definitiva no cotidiano das pessoas, é necessário reconhecer que o processo de concepção, ou idealização, é igualmente importante e complexa. E, desse modo, o projeto de arquitetura não pode ser concebido a partir de um único fator. Isto seria reduzir sua importância e a complexidade que lhe é peculiar.

4.2 A concepção

A arquitetura, como se estabelece hoje, é resultado da transformação ocorrida entre a era medieval e o renascimento³⁷ relativo ao modo de executar os edifícios e as intervenções do homem sobre a paisagem natural. A partir deste período a técnica, a divisão de trabalho e o desenho (projeto), passam a presidir a forma de intervenção no espaço físico. (FERRO, 2010)

A concepção em arquitetura é tema denso. Autores de grande tradição dissertam sobre as questões filosóficas e históricas da arquitetura. Entretanto, não é intenção deste trabalho aprofundar nessa discussão. Tampouco procuramos tratar a

³⁷ Renascimento, século de referência XV e XVI.

concepção arquitetônica em seu sentido metafísico. Sobre esta perspectiva auxiliamos Brandão:

Convencido da necessidade de organizar a criação arquitetônica através dos procedimentos racionais, objetivos e comunicáveis da ciência, Durand se tornou um dos primeiros arquitetos a propor um método isento de ambiguidades para ser aplicado em projeto.

(...)

Ao fundamentar a atividade de projeto em uma metodologia científica, e não mais nos conceitos de mimese e origem, ocorre um deslocamento no objeto tomado como fundamento, mas não na crença metafísica em que a atividade de projeto precisa ser baseada em algum fundamento.

(...)

A atenção aos aspectos práticos da edificação dirigia a atividade do arquiteto, em um ambiente onde a ideia de economia organizava as leis da concepção. Ao invés de se colocarem como obstáculos, as demandas de ordem prática passaram a viabilizar e dar sustento à obra, uma vez que exigem coerência interna, sendo que Durand apostava no atendimento a essas demandas como modo de se caracterizar um projeto. (BRANDÃO, 2008, p. 81 a 85)

O que buscamos é um panorama pragmático sobre a concepção das arquiteturas, de modo a propiciar-nos uma **reflexão acerca das razões que levam as escolhas dos arquitetos dentre seus inúmeros intervenientes**, em especial sobre as tecnologias construtivas.

Sobre as possibilidades na projeção

De início, admitamos que não exista um procedimento único e definitivo para a produção arquitetônica. Pode-se, por exemplo, depender de metodologias individuais que privilegiam a criatividade do arquiteto, ou um modo de produção coletiva, no qual um grupo de profissionais se reúne para discutir acerca do projeto a ser desenvolvido. Outra possibilidade é o desenvolvimento de projeto colaborativo, muito utilizado para projetos de interesse social, no qual uma determinada comunidade apresentará aos arquitetos suas demandas e possíveis resoluções.

Uma vez definido o modelo metodológico de elaboração do projeto (se individual, em grupo ou colaborativo), poderíamos começar a pensar sobre a forma de produção. Por exemplo, se o arquiteto inicia seu projeto através de um levantamento de dados, ou se parte para uma pesquisa de campo, ou ainda se parte para desenhos, croquis e diagramas. Alguns partem para a definição de um “programa de necessidades” outros partem para a definição de esquemas ambientais. Ou seja, as combinações de possibilidade são quase infinitas.

Entretanto, para descrever o tamanho do problema da produção arquitetônica é necessário discutirmos este tema, o que ajudará no desenvolvimento dos argumentos desta dissertação.

Nesta seção pretendo discutir as várias interferências que ocorrem no processo projetual e dessa maneira provocar as reflexões úteis para se pensar as escolhas tecnológicas construtivas.

Enumeração de alguns fatores conhecidos

Ao enumerarmos os fatores a serem observados pelos arquitetos e projetistas, desde o início do projeto, obteremos uma extensa lista. Podemos citar:

- É necessário levar em consideração os aspectos físicos locais como: insolação, ventos, vegetações existentes, topografia do sítio, condições geotécnicas, relações de vizinhanças (existentes e futuros);
- Exigências legais, tais como: da implantação regida pela lei de uso e ocupação, plano diretor, código de obras, proteção contra sinistros e normas construtivas. O cumprimento das exigências legais em suas diversas camadas;
- Exigências de eficiência energética, demandada para alguns tipos de edificações;
- Necessidades demandadas pelo edifício, programa técnico. É necessário levar em consideração as necessidades técnico-funcionais, como casa de máquinas, climatização, elevadores, subestações, número de escadas, salas de comutadores e telefonias, entre outros;
- Custos, recursos para construção e dimensionamentos de etapas de obra;
- Fatores técnicos, mão de obra, materiais disponíveis para execução do edifício;

- Criatividade e limitações dos profissionais;
- Desejos individuais dos requisitantes de projeto, cliente ou coletividade;
- Programa de necessidades estabelecido, função inicial do edifício;
- Possibilidade de flexibilidade na vida útil do edifício;
- Manutenibilidade do edifício;

O processo de trabalho do arquiteto é como uma espiral ascendente que se desenrola sobre as possibilidades construtivas, os interesses envolvidos e as questões ambientais e legais. (MARQUES, 2012)

4.3 Descrição da concepção da Nova Faculdade de Direito da UFMG

Parte do processo de concepção da nova sede da Faculdade de Direito da UFMG foi descrito em um relatório³⁸ do Departamento de Planejamento Físico e Projetos, em 2009. Esta seção tratará desta experiência por duas razões. Inicialmente, servirá como subsídio de informações para a *simulação projetual* que será tema da última parte desta dissertação e terá como foco o anteprojeto deste conjunto. Depois, este processo de concepção arquitetônica, nos servirá de modelo metodológico a ser estudado e dele será possível extrair exemplos das interveniências pertinentes ao processo criativo em arquitetura.



Figura 58. Escola de Direito no centro de BH

Fonte: <https://www.ufmg.br/boletim/bol1562/setima.shtml>. Maio de 2015.

³⁸ Relatório do Levantamento de Dados e Elaboração do Programa de Necessidades para a Transferência da Faculdade de Direito para o Campus Pampulha. DPFP, 2009.

O desenvolvimento do anteprojeto para a Nova Faculdade de Direito, aconteceu ao longo do *Projeto Câmpus 2000*, que tinha como objetivo conceber e construir as edificações que consolidariam o Câmpus Universitário da Pampulha. Além de ser um trabalho técnico de Arquitetura e Urbanismo, o *Câmpus 2000* foi uma experiência peculiar, tanto metodológica quanto institucional. A integração acadêmica foi o objetivo principal, prevendo a transferência gradativa das unidades da UFMG, situadas na região centro-sul, e as reformas e modernizações de outras unidades, já instaladas na Pampulha.

O projeto do câmpus 2000 foi apresentado da seguinte forma:

*Sob o ponto de vista metodológico, o projeto tenta inovar os procedimentos convencionais de criação arquitetônica e adota o processo de criação coletiva, inspirando-se nas formulações de Popper para o método científico: **Identificar problemas; tentar resolvê-los propondo alguma teoria (hipótese projetual); discutir criticamente as tentativas de solução.***³⁹

Sob os aspectos institucionais também há uma inovação, na medida em que se fez uma parceria entre arquitetos docentes da Escola de Arquitetura e arquitetos do quadro técnico-administrativo da Universidade, para resolver os problemas do ambiente construído do Câmpus.

*Os anteprojetos foram concebidos a partir de estratégias projetuais que viabilizassem edificações construtivamente racionais, econômicas, confortáveis, tecnicamente adequadas e de aparência agradável. Buscar tantas qualidades é tarefa muito ambiciosa e difícil. Entretanto, o esforço e a dedicação da equipe, associados à cooperação dos usuários e ao irrestrito apoio da Reitoria, viabilizaram uma primeira aproximação. A crítica da comunidade, assim como as intervenções dos demais colaboradores na fase de elaboração dos projetos executivos, certamente trouxeram inestimáveis contribuições para que se alcançassem os resultados que a UFMG pretendia.*⁴⁰ (DPFP, 2009)

A UFMG tem uma reconhecida história de planejamento do espaço físico desde a implantação do câmpus Pampulha e desenvolveu os seus projetos arquitetônicos

³⁹ Grifo meu.

⁴⁰ Trecho assinado pela Professora Dr^a Maria Lúcia Malard no relatório sobre a FAD (DPFP, 2009).

internamente, primeiramente através do *Escritório Técnico* coordenado pelo arquiteto e professor Eduardo Mendes Guimarães Jr. e posteriormente pelos órgãos de planejamento físico, vinculados à administração central da Universidade.

O processo de projeto da nova sede da Faculdade de Direito foi elaborado pela equipe do então *Departamento de Planejamento Físico e Projetos* vinculado à Pró-Reitoria de Planejamento e Desenvolvimento, PROPLAN. Iniciou-se em 2009, pela equipe do DPFP, sob a coordenação da arquiteta e professora Maria Lucia Malard, então diretora do Departamento, quando foram desenvolvidas as primeiras atividades do processo de criação coletiva: a caracterização do problema, os pré-dimensionamentos e os estudos prospectivos sobre a implantação e o sistema ambiental. A partir de 2010 a coordenação da equipe passou para o novo diretor, arquiteto e professor Carlos Alberto Maciel, que conduziu o processo até a finalização do anteprojeto.⁴¹

O processo de projeto da nova sede da Faculdade de Direito pode ser dividido em 05 fases, e essas divididas em etapas, sendo que a quinta fase corresponde ao andamento e acompanhamento das obras civis. As fases foram as seguintes.

4.3.1 Levantamento de dados

Esta fase foi composta por cinco etapas.

1ª etapa. Levantamento e estudo analítico dos dados e documentos da história da Faculdade de Direito. Estas análises possibilitariam as investigações acerca das necessidades físico-ambientais demandados ao longo do tempo, o necessário e o que ficou obsoleto.

2ª etapa. Levantamento físico-funcional através de visitas em campo. Registros através de desenhos e fotografias, tipo *as-built*, de toda a infraestrutura instalada no prédio original da Faculdade de Direito (localizada no centro da capital). Houve também um cadastramento das infraestruturas e da população ocupante do prédio.

⁴¹ A equipe foi formada pelos seguintes arquitetos. **Estudo preliminar (2009)**: Alenka Cencic, Alethéa Lessa Moreira, Bruno Calazans Starling Freitas, Geraldo Ângelo Silva Dinho, Márcia Moreira Tofani, Maria Cristina Furlan, Maria Lúcia Malard, Marina Laguardia Nascimento Vieira, Mateus Moreira Pontes, Renata Alves Siqueira. **Anteprojeto (2010)**: Carlos Alberto Maciel e Geraldo Ângelo Silva.

3ª etapa. Levantamento dos usos, funcionamento e da população. Feita através de questionários, buscou o entendimento das relações interpessoais no uso do edifício, que poderia ser desejável ou evitado no novo projeto.

4ª etapa. Questões abertas e complementares da etapa anterior. Feita através de pesquisa e entrevistas com a comunidade. Levantamento das expectativas e opiniões dos usuários. Esta etapa busca ouvir os usuários e confrontar os dados da etapa anterior.

5ª etapa. Percepções e conclusões. Esta etapa finaliza a fase através de visitas dos arquitetos ao prédio original que consolida as informações através de observações balizadas em todas as etapas anteriores.

4.3.2 Programa arquitetônico

Esta fase representa o processamento dos dados obtidos na fase anterior e a produção de um **programa arquitetônico** com um pré-dimensionamento de áreas das futuras instalações.

A proposta arquitetônica deveria levar em conta a necessidade de flexibilidade físico ambiental. A equipe de projetos, através da observação do que ocorre nas demais unidades do câmpus, tinha a informação que os prédios universitários precisam alterar, com frequência, suas conformações físicas para atender as necessidades do desenvolvimento do ensino e pesquisa.

4.3.3 Criação coletiva, formulação de hipóteses

A partir dos dados obtidos nos levantamentos da primeira etapa e da definição do programa arquitetônico, na segunda etapa, a equipe de arquitetos se reunia periodicamente para a formulação de hipóteses e confrontação de pontos de vistas.

O resultado destas reuniões resultou em um estudo preliminar arquitetônico, com a definição de: implantação, setorização, volumetria, sistemas construtivos, fluxos e acessos.



Figura 59. Equipe de arquitetos do DPFP na criação coletiva para a FAD

Fonte: Relatório DPFP, outubro 2009.

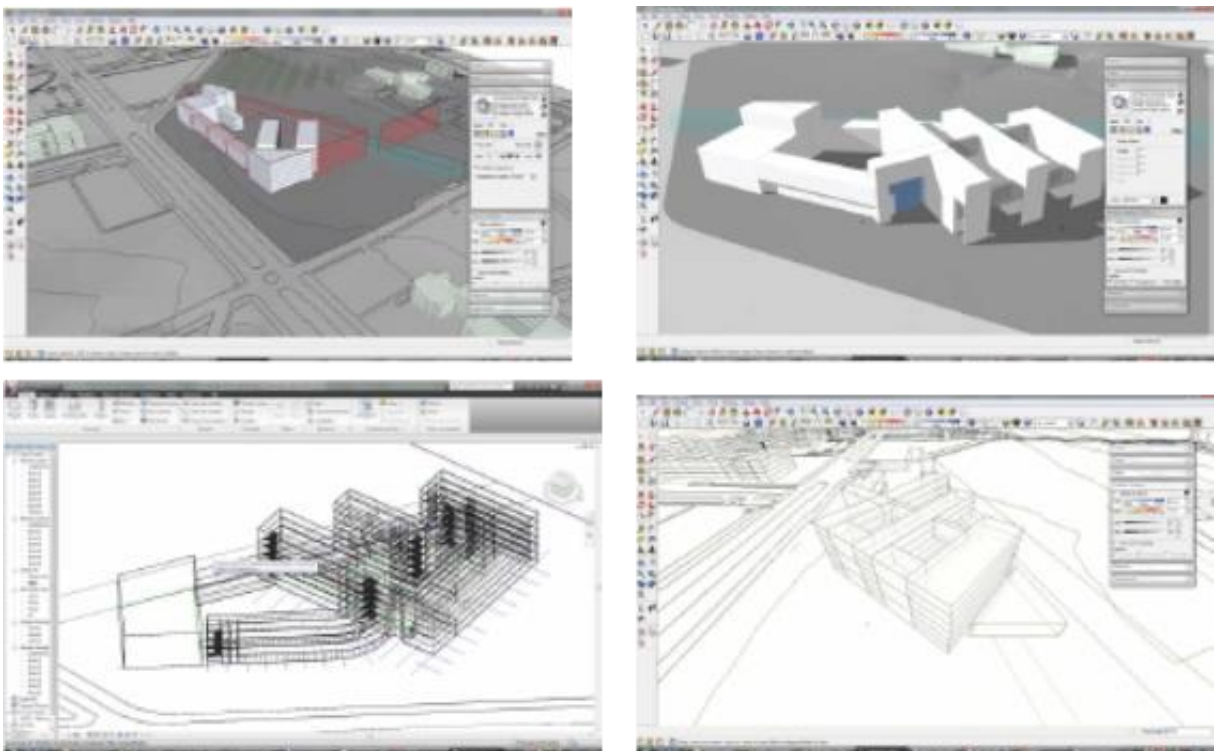


Figura 60. Alternativas geradas pela equipe

Fonte: Relatório DPFP, outubro 2009.

A partir do estudo preliminar resultante foram feitas as avaliações de custos e viabilidades técnica-financeira.

Demais dados observados pelos arquitetos

Os arquitetos observaram as legislações pertinentes, como as normas construtivas, de segurança contra sinistros e pânico e o Plano Diretor da UFMG. E, também:

As características do terreno, topografia e limites.



Figura 61. Observação do sítio, topografia e limites

Fonte: Relatório DPFP, outubro 2009.

Terreno de implantação da Nova Faculdade de Direito

Obras de referência internas e externas à UFMG.



Figura 62. Referência arquitetônica da própria UFMG

Fonte: Relatório DPFP, outubro 2009.

Faculdade de ciências econômicas (FACE)



Figura 63. Referência arquitetônica externa à UFMG

Fonte: Relatório DPFP, outubro 2009.

Escola de Direito em Sidney, Austrália.

4.3.4 Desenvolvimento dos projetos

Esta fase foi composta por três etapas.

1ª etapa. Com o final da etapa anterior o Departamento consolida um *projeto arquitetônico básico* que subsidiará a futura contratação dos projetos complementares (sondagem do terreno, terraplanagem, fundações profundas, elétrico, lógica, hidrossanitário, prevenção contra sinistros, drenagem pluvial, reuso de águas, climatização, sonorização, acústica).

2ª etapa. Projeto executivo e do detalhamento com a devida compatibilização da arquitetura aos projetos complementares. Desenvolvimento do Licenciamento ambiental.

3ª etapa. Desenvolvimento do orçamento de obra.

4.3.5 Acompanhamento da obra

Acompanhamento do desenvolvimento das obras civis⁴².

⁴² As duas últimas fases, projeto executivo e obras, ainda não foram concluídos até 2015.

Considerações sobre o processo de concepção da FAD

Conforme demonstrado, o processo de projeto pode ser entendido como o equilíbrio de diversos intervenientes, demandas e imposições que precisam ser conjugados para resultar um desenho passível de ser edificado em um determinado sítio. Assim:

Levantamento de dados: busca entender o local e dar o equilíbrio na continuidade das atividades na nova sede. Buscar responder as expectativas e opiniões do público quanto a configuração do novo prédio, pois é local de trabalho e estudo destes.

Programa arquitetônico: busca equilíbrio na relação "área e função" das necessidades e expectativas. Que devem caber em um terreno pré-definido, com suas limitações físicas e legais. Busca prever possíveis alterações futuras.

Criação coletiva: busca equilíbrio entre as respostas arquitetônicas possíveis (hipóteses projetuais) dadas pelos arquitetos, membro da equipe de projetos.

Desenvolvimento do projeto arquitetônico: equilíbrio entre as demandas de instalações técnicas dos projetos complementares. E observância aos custos.

Acompanhamento de obra: durante a execução da produção do edifício.



Figura 64. Resultado do anteprojeto da FAD

Fonte: (DPFP, 2010)

4.4 Resultados formais estéticos

Um das características dos produtos industrializados é a facilidade em reproduzi-los. Assim como uma linha de montagem de automóveis, uma edificação (completamente industrializada) pode ser facilmente reproduzida e criar uma sequência de outros objetos semelhantes.



Figura 65. Linha de montagem de automóveis

Fonte: <http://blog.srpneus.com.br/linha-de-montagem-de-henry-ford/>. Julho de 2015.

Essa característica foi observada nas reconstruções de habitações ocorridas no pós-guerra e costuma justificar alguns conceitos estéticos atribuídos ao sistema industrializado como monotonia, uniformidade e rigidez formal.

Um estudo acadêmico da Universidade Católica do Chile, a ser brevemente apresentado, rebate esse conceito e atribui o resultado estético ao modo com que as peças industrializadas são conjugadas, não impedindo a criatividade dos arquitetos.

Percepção da edificação, pesquisa chilena: *do abstrato ao concreto*.

Como elemento argumentativo, destacamos a pesquisa ***do abstrato ao concreto***⁴³, desenvolvida na Universidade Católica do Chile, entre 2011 e 2012.

⁴³ Docentes Pedro Alonso e Hugo Palmarola.

Nessa pesquisa os alunos foram solicitados a promover a “reconstrução técnica, tipológica, histórica e conceitual” dos sistemas construtivos pré-fabricados a partir de grandes painéis de concreto armado. (VERGARA, 2014)

Metodologicamente a pesquisa se orientou por recriar os modelos tipológicos de edifícios construídos com o sistema KPD⁴⁴, de 1970. Inicialmente elaborou-se modelos virtuais tridimensionais e posteriormente maquetes físicas impressas a partir desses modelos.

O objetivo foi à ampliação das percepções analíticas e críticas sobre a história da pré-fabricação naquele contexto.

A pesquisa chilena concluiu que este sistema construtivo, que utilizava os painéis de concreto portantes, estava longe de ser rígido e monótono.

Do abstrato ao concreto mostrou que este sistema estava longe da monotonia e rigidez tipológica que normalmente lhe é atribuído. Por outro lado, o grande número de fôrmas criadas, sua evolução e adaptação a variedade social, técnica, geográfica e cultural dos contextos onde foram aplicados, evidência de um desejo de mudança que buscou alternativas cada vez mais eficientes. Assim, a partir de um ponto de vista econômico e estratégico, deu-se uma solução aos grandes problemas de fornecimento de habitação econômica e coletiva. (VERGARA, 2014)⁴⁵

⁴⁴ Ver seção de uso do painel portante KPD: Experiência Chilena (1970) p. 38

⁴⁵ Tradução do autor. 2015.

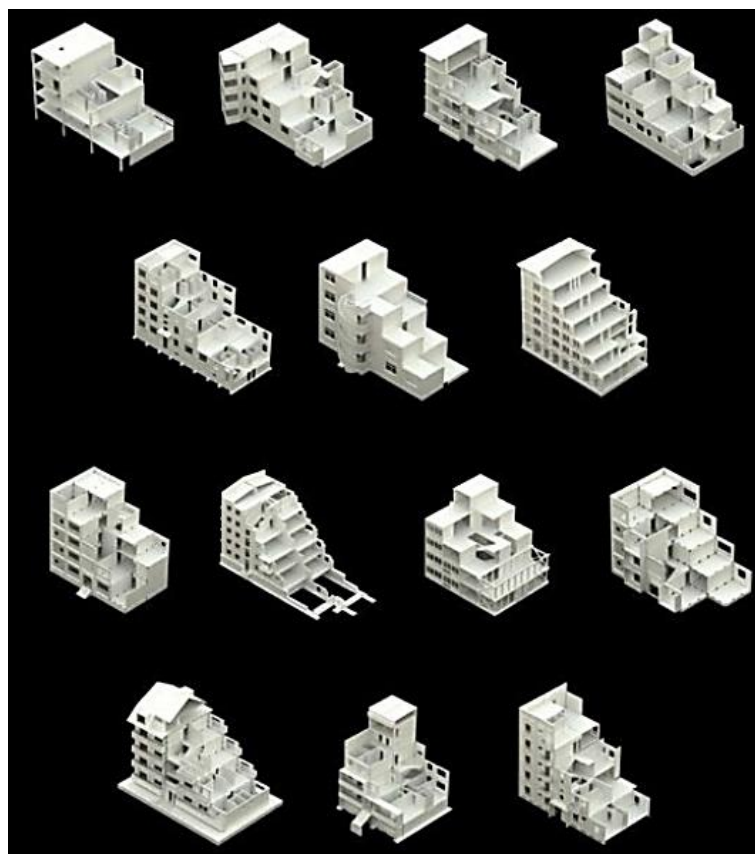


Figura 66. Modelos virtuais “do abstrato ao concreto”.

Fonte: (VERGARA, 2014)

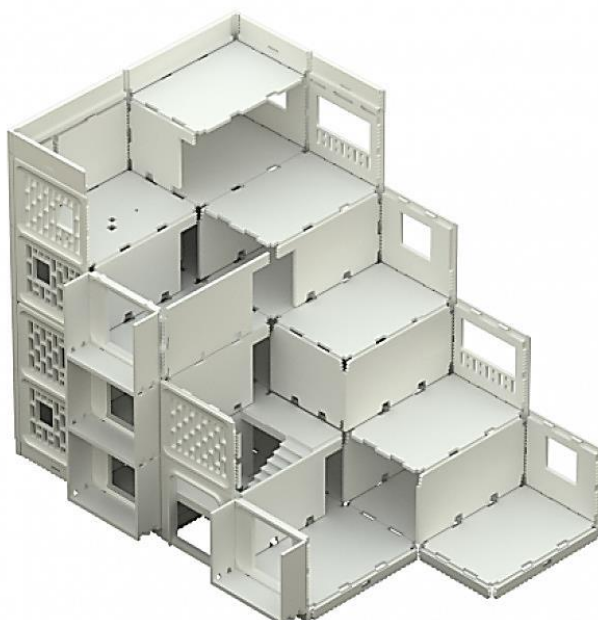


Figura 67. Axonométrica de um dos modelos resultantes na pesquisa chilena

Fonte: (VERGARA, 2014)

5 ORGANIZAÇÃO PROJETUAL: MODULAÇÃO

Conforme discutido até aqui, para que haja industrialização é necessário que se tenha viabilidade econômica para produção. Na arquitetura e na construção civil, um recurso possível é a execução de partes do edifício em série. Para isso alguns elementos compositivos da edificação devem ser iguais e numerosos. A repetição de elementos proporciona ganho na escala de produção e barateamento de custos.

Um dos recursos possíveis para a organização projetual é o emprego da modulação. A “coordenação modular” viabiliza, em muitos aspectos, a industrialização, pois isso é conveniente que façamos uma breve discussão acerca desse tema. De início destaca-se que *modulação* e *coordenação modular* são conceitos diferentes.

Para lembrarmos-nos das boas soluções arquitetônicas, Louis Kahn alerta que: ***não se deve entender por ordem a regularidade espacial***. Com isto queria dizer que a espacialidade ambiental construída não precisa estar submetida à ordenação construtiva, que ajuda na etapa da obra.

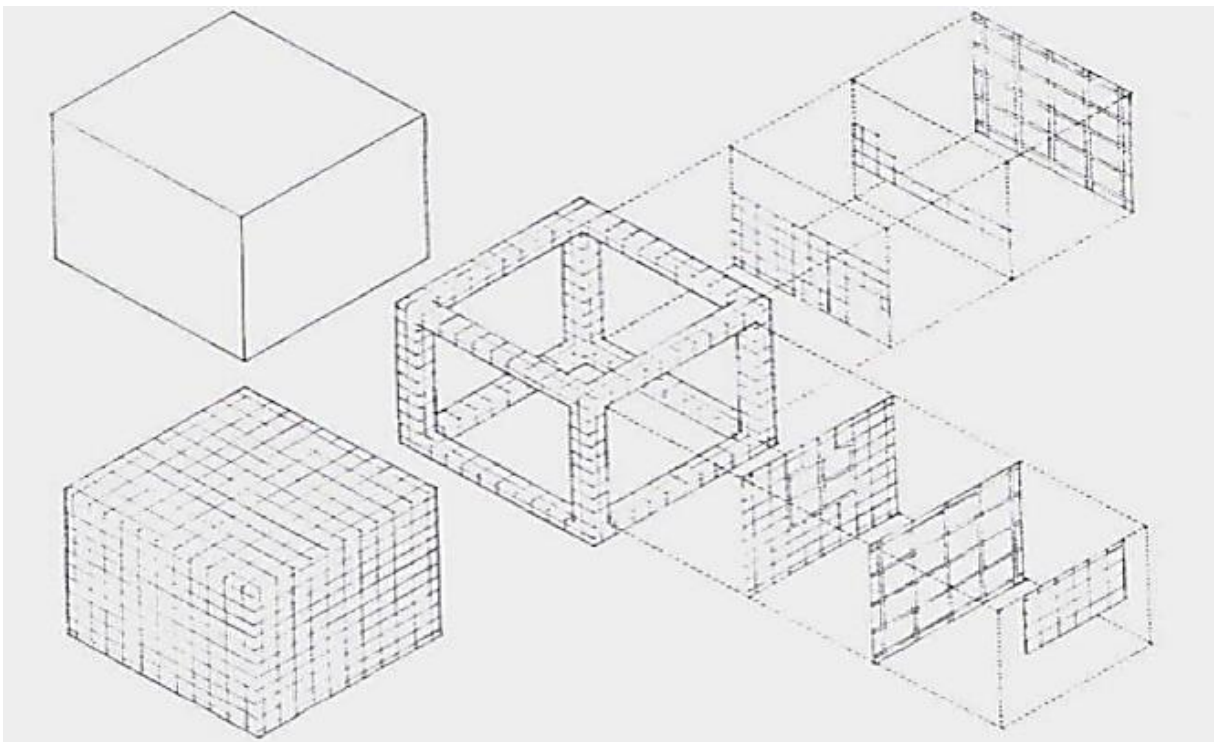


Figura 68. Exemplo de organização modular espacial em projeto

Fonte: (CHING, 2013)

5.1 Módulo e Modulação

A palavra “*módulo*” tem origem do latim *modulus*, significando pequena medida.

O módulo pode ser entendido, em arquitetura, como a medida ordenadora. A menor medida que mantém a lógica compositiva do projeto. Neste caso, pode-se dizer que o projeto está sob o regimento de uma modulação.

A utilização da modulação pode ser observada desde os períodos clássicos. Na concepção da arquitetura grega, sob uma ótica estética, e na arquitetura romana, sob uma ótica estético-funcional. Pode-se dizer que na cultura grega a modulação aparece como expressão da beleza, baseando-se no diâmetro das colunas que dava, a partir de suas medidas, as demais proporções dos elementos das construções. Na cultura romana o planejamento das cidades obedecia a um reticulado modular baseado no *passus romano*⁴⁶.

5.2 Coordenação modular

A ferramenta denominada *coordenação modular* é um **recurso específico**, orientada pela norma NBR 15.873:2010. Em tese, esta ferramenta definiria a compatibilidade entre os elementos construtivos, o que auxiliaria nos projetos de arquitetura e na composição de elementos de fabricantes diversos. Simplificaria a operação da construção e estimularia a fabricação versátil de componentes. Neste sentido, seria fundamental para o desenvolvimento da industrialização da construção civil. Entretanto o que se observa, depois de cinco anos da publicação da norma, é que ainda não há efeitos evidentes no cotidiano da construção civil.

A coordenação modular é uma ferramenta aplicada à concepção de projetos e fabricação de componentes para a construção civil. Possibilita a ordenação das estruturas fixas e não fixas do edifício, de modo a possibilitar perfeitas combinações entre as partes.

⁴⁶ Como exemplo de planejamento de uma cidade destaca-se o traçado da cidade de Emona, baseado em um módulo de 60 *passus*, originando um reticulado de 360 x 300 *passus*, dando à cidade uma proporção de 6:5. (GREVEN e BALDAUF, 2007)

Favorece o modo e os tempos de execução de obra. De acordo com o Grupo de Pesquisa Morar de Outras Maneiras, da Escola de Arquitetura da UFMG, a coordenação modular pode ser descrita como:

“Um instrumento para facilitar a compatibilização de medidas na construção civil. Com ela a combinação de componentes construtivos das mais diversas origens fica automática e flexível”. (MOM, 2014)

A *Medida Modular*, designada por **M** é adotada como 1M=100mm. As coordenações modulares são aquelas que seguem, portanto, a unidade mínima do módulo estabelecido pelas normas. De acordo com a equipe que desenvolveu revisão da norma de 2010⁴⁷:

A coordenação modular é base fundamental para a industrialização da construção em um padrão aberto. A coordenação modular depende do fornecimento de elementos construtivos que seguem a Unidade Modular (1 M=100 mm).

Origens históricas da ‘coordenação modular’

As primeiras experiências que desenvolveram a utilização de um módulo para os propósitos de utilização industrial aconteceram em Boston, em 1930. Alfred Farwell Bemis, industrial americano, desenvolveu estudos de uma nova técnica de construção que recebeu o nome de “método modular cúbico”. Esses estudos foram publicados no terceiro volume do *Rational Design* (1936). Nesta ocasião foram apresentados os fundamentos que também definem a coordenação modular, no qual *“todos os objetos que satisfaçam à condição de possuírem dimensões múltiplas de uma medida comum, são comensuráveis entre si e, portanto, também o são em relação à construção, que integrados passam a formar”*⁴⁸.

A medida modular proposta havia sido de quatro polegadas, esta mesma medida havia sido indicada por Fred Head, em 1925, porque daria uma flexibilidade adequada e estava relacionada com a dimensão utilizada nos estudos das casas de

⁴⁷ Fonte: grupo de Revisão da Norma de Coordenação Modular. Autores: Sergio R. Leusin, Silke Kapp, Denise Morado e Wellington Cançado Coelho. Disponível em (Janeiro de 2013):

Fonte: http://www.abcic.org.br/Palestras_2010/Sergio%20Leusin%2014-30.ppt.

⁴⁸ Rosso, 1976. Citado em (GREVEN e BALDAUF, 2007)

madeira americanas. Os estudos de Bemis tiveram repercussão nos primeiros intentos sobre coordenação modular na Europa e Estados Unidos. (GREVEN e BALDAUF, 2007)

O Brasil foi um dos primeiros países a aprovar uma norma de Coordenação Modular, a NB-25R, em 1950, hoje já superada. Em 1969 houve revisões dessa para dar suporte a algumas demandas de implementação do sistema habitacional do BNH. Em 1977 há publicação da NBR 5760. Em 1982 publicam-se 24 normas relativas ao tema da coordenação modular, mas com pouca repercussão. Em 2010, a NBR 15873:2010 revoga as normativas anteriores. (LEUSIN, 2014)

5.3 Tipos de Medidas e Espaços Modulares

As medidas, em suas relações aos elementos no espaço físico, classificam-se em:

- Medidas nominais: medidas descritas e normalizadas para a fabricação dos diversos elementos construtivos;
- Medidas reais: medidas observadas do elemento físico, amostra, com as variações dimensionais admitidas pelas normas com relação às medidas nominais;
- Medidas de coordenação: medidas que incluem em si as juntas de acoplamento dos elementos, as variações das medidas reais admitidas pelas normas e estão sob o regimento da unidade modular.

O espaço determinado para um elemento construtivo ocupar é denominado 'espaço de coordenação'. Nesse espaço está incluído o elemento em si e as folgas perimetrais requeridas em razão de suas deformações (mecânicas, térmicas ou umidade), suas tolerâncias (de fabricação, marcação e montagem), seu processo de instalação e seus materiais de conexão com elementos adjacentes. Essas folgas perimetrais são denominadas ajustes de coordenação (GREVEN e BALDAUF, 2007).

Assim, a medida de coordenação deve ser obtida por: **$M_c = M_n + A_c$** . Sendo, M_c : medida coordenação / M_n : Medida Nominal / A_c : Ajuste de coordenação

5.4 Diferença entre coordenação modular e coordenação dimensional

Cabe diferenciar *coordenação modular*, entendida como coordenação a partir do emprego do módulo básico (100mm); da *coordenação dimensional*, entendida como a inter-relação dimensional de elementos componentes da construção usada para a montagem e fabricação da edificação sem o emprego do módulo básico.

Um módulo básico, compartilhado por todos os agentes da construção civil, é a chave para a coordenação modular. Sem ele o que se pode fazer é uma coordenação dimensional, resolvida caso a caso. (MOM, 2014)

Problema da construção pública no Brasil

A lei de licitações, Lei 8666/1993⁴⁹, impede que haja especificação em projeto dos componentes das obras por fabricantes. Isso evita que um determinado fabricante seja privilegiado. Assim, garante-se a isonomia e lisura nas compras públicas.

Entretanto, como não há efetivação da coordenação modular, nem nos projetos de arquitetura, nem na fabricação de todos os componentes construtivos, é ainda mais difícil executar as obras públicas dentro dos princípios da coordenação.

O problema fundamental

Hoje o que se vê é uma desvinculação no seguinte aspecto:

A produção das peças de concreto em Belo Horizonte está submetida a uma modulação, que é, sim, desejável à indústria, mas está descoordenada com o restante da cadeia produtiva.

O padrão modular da produção de lajes de 125cm induz à necessidade de adoção desta matriz de medida nas plantas arquitetônicas concebidas em concreto pré fabricado na nossa cidade. Tal matriz, entretanto, nasce com incompatibilidade à norma de coordenação modular (NBR 15.873:2010), pois não se submete à medida **M** (10cm).

Há uma situação de paradoxo a ser resolvido no cerne da produção industrial.

⁴⁹ A lei 8666/93 é a lei de licitações de obras e serviços do Brasil.

6 ENTREVISTAS

Nesta seção serão apresentados os resultados das entrevistas com um escritório de arquitetura e dois fornecedores de sistemas pré-fabricados de concreto, todos atuantes no mercado de Belo Horizonte.

O objetivo metodológico das entrevistas está em compreender como a indústria de pré-fabricados vem atuando no mercado de Belo Horizonte, sob o ponto de vista de quem as utiliza (arquitetos) e de quem as produz (fornecedores). Buscava-se entender como são conjugadas a realidade da concepção de projetos e as interfaces com a indústria do concreto pré-fabricado.

Entrevistar arquitetos que vivenciaram a projeção com sistemas pré-fabricados seria, então, o caminho para identificar a existência de peculiaridades na abordagem do projetar para construções industrializadas e sua relevância no resultado final do projeto, considerando os elementos que assumimos como definidores da Arquitetura: geometria, volumetria e uso. Para tanto, seria necessário um número significativo de entrevistas e certa diversificação tipológica entre os projetos. Quando do detalhamento dessa parte da metodologia, percebemos que não teríamos nem uma nem outra situação, por uma razão muito simples: a pequena participação da construção industrializada no nosso meio, por si só já seria um fator impeditivo de conseguirmos uma amostra expressiva de arquitetos, da qual pudéssemos retirar dados consistentes. Decidimos, então, manter a entrevista com apenas uma empresa de arquitetura, que identificamos como tendo o perfil que desejávamos. Embora sabendo que as informações obtidas não poderiam ser validadas por nenhum critério objetivo, sabíamos, também, que poderiam fornecer indícios para pesquisas futuras.

Já no caso dos fornecedores, a amostra de apenas duas empresas mostrou-se adequada e relevante, uma vez que conseguimos acesso aos dois maiores fabricantes de pré-moldados de concreto da Região Metropolitana de Belo Horizonte, os quais figuram, também, entre os grandes do país.

6.1 Metodologia das entrevistas

As entrevistas, semiestruturadas, foram realizadas a partir de um roteiro básico que serviu apenas como orientação. Não houve a preocupação de seguir rigorosamente as perguntas durante a entrevista. A proposta era que o entrevistado pudesse discorrer sobre o tema de interesse da dissertação e expor seu ponto de vista livremente. As interferências do pesquisador apenas conduziram a entrevista para manter a discussão dentro do tema.

As entrevistas, com cerca de uma hora cada, foram gravadas em áudio, o que possibilitou fazer uma análise pormenorizada das respostas e delas extrair um resultado. Aqui serão descritos todos os temas tratados nas entrevistas, destacando-se as principais ideias para que haja uma leitura mais apropriada no contexto desta dissertação.

Os temas discutidos pelos pesquisados subsidiarão reflexões dentro da dissertação. Ao final da seção serão apresentadas as considerações das entrevistas.

OBSERVAÇÃO: Algumas falas dos entrevistados foram transcritas e destacadas ao longo das próximas páginas, estão citados com tipografia especial e coloridas.

6.2 Entrevista com escritório de arquitetura

Apresentação e resumo

O escritório de arquitetura é formado por três arquitetos diretores: Gabriel Velloso da Rocha Pereira, Marcelo Palhares Santiago e Luiz Felipe de Faria. Foi fundado e está sediado em Belo Horizonte desde 2002, concebe e desenvolve projetos institucionais, residenciais, comerciais e urbanísticos. Recebeu premiações, possui publicações em periódicos e uma certificação de gestão de qualidade na produção (ISO:9001).

A entrevista foi realizada com o Arquiteto Diretor Gabriel Velloso, em 09 de janeiro de 2015, na sede do escritório na região centro-sul de Belo Horizonte. Teve duração de uma hora, registrada em áudio.

Foram destacados dois projetos, sobre os quais se centrou maior atenção, pois reuniam as características necessárias ao tema desta pesquisa. O primeiro foi de um

edifício para a nova sede do **Instituto Politécnico** da PUC-Minas. O arquiteto explicou que o cliente apresentou a demanda de construção do edifício em curto tempo. Dessa maneira, a proposta arquitetônica elaborada pelo escritório levou em consideração a premência de executar em algum tipo de sistema industrializado para garantir o tempo reduzido de obra. O segundo projeto discutido foi uma proposta para **Escola de Medicina** da Universidade Federal de São João Del Rey. Este projeto foi pensado inicialmente em um sistema convencional e submetido a um estudo para alteração do sistema construtivo devido a interveniências de execução que se apresentaram ao longo do processo de projeto. Outros projetos foram citados e estarão explicados ao longo do texto.

6.2.1 Resultado das respostas do escritório de arquitetura

Instituto Politécnico

O projeto para o Instituto Politécnico chegou ao escritório com uma demanda clara: a execução de obra deveria ser em curto prazo e dividida em três etapas distintas.

A proposta de projeto foi feita, então, em sistema industrializado de modo a viabilizar a execução rápida e a produção em fases estanques, ou seja, sem sinais de obra interrompida (vergalhão ou tubulações aparentes, por exemplo). Os arquitetos compreenderam que somente com a obra industrializada poderiam ser atendidas essas demandas.



Figura 69. Projeto do Instituto Politécnico

Fonte: Horizontes arquitetura, 2015.

O partido arquitetônico aconteceu da necessidade de execução em menor tempo, as questões estéticas não aparecem no cerne das decisões. Entretanto a estrutura portante, em pré-fabricados de concreto, tornou-se um dos modeladores formais da aparência do prédio.

Para a resolução das atividades e do programa arquitetônico, os projetistas conjugaram a modulação estrutural com uma proposta de modulação funcional. Dessa maneira a utilização dos espaços poderia estar coordenada a partir da divisão estrutural. Definiu-se a posição da circulação, que estaria fixo, e ao longo dessa passagem as atividades estariam distribuídas de acordo com a conveniência em salas de aulas, laboratórios, administração e outros.⁵⁰

Buscou-se usar a industrialização ao máximo disponível, como na utilização dos brises, as esquadrias e vedações industriais. As vedações internas são em dry-wall, as vedações externas em placas cimentícia.

A estrutura portante foi concebida para o concreto pré-fabricado, podendo ser adaptável ao sistema metálico. A modulação foi feita em quadrantes de 6m x 12m.

Escola de Medicina

O projeto para a Escola de Medicina foi contratado pela Universidade Federal de São João Del Rey (UFSJ) através de uma licitação pública, pelo sistema de registro de preço. Na contratação foi especificada a construção em concreto moldado no local. Dessa maneira, devido à exigência do contrato, o prédio foi concebido em sistema convencional.

A exigência não impediu que o partido arquitetônico fosse elaborado em uma modulação que pudesse ser mantida caso outro sistema fosse adotado como opção construtiva. Isto porque, segundo o arquiteto, a experiência adquirida pelo escritório mostra que **existem inúmeros intervenientes no processo** até a conclusão dos projetos executivos e por isto é possível que haja alteração, ou estudos, para outros sistemas construtivos.

⁵⁰ **Nota do pesquisador:** neste sentido observa-se que há uma concordância entre a função do edifício e o funcionamento da estrutura portante. Ambas poderiam ser concebidas de maneira modular, com previsão de crescimento a medida da necessidade dos usuários.

Outro fator considerado foi a possibilidade de alterações futuras, muito comum em prédios universitários. A flexibilidade espacial é mais facilitada quando o prédio é construído com sistemas industriais.



Figura 70. Projeto da Escola de Medicina

Fonte: Horizontes arquitetura, 2015.

A adaptação ao sistema industrializado da Escola de Medicina

O escritório desenvolveu um anteprojeto para a Escola de Medicina consolidando uma alternativa no sistema pré-fabricado. Os arquitetos entenderam que essa alteração do sistema construtivo não modificaria o projeto, não o transformaria em outro objeto. Inclusive não houve modificação da estética do edifício.

Neste caso é uma evolução necessária para que o projeto saia do papel. A arquitetura é algo construído, não apenas projetado. Arquitetura é algo pensado, projetado construído e usado.

Não se pode imaginar um projeto de arquitetura que não sofrerá interferências desde sua concepção até sua execução. O importante é manter, num panorama geral, o que foi acordado no desenho original.

Para a produção dessa alternativa o escritório consultou os fornecedores do sistema, que prestam assessoria técnica indicando as soluções técnicas mais adequadas.

Sobre as experiências do escritório em projetos e industrialização

Segundo o arquiteto, os projetos demandados ao escritório não chegam com uma demanda específica para um determinado tipo de sistema construtivo. Quando há opção pelo *não convencional* é a partir da observação dos próprios arquitetos, para uma necessidade específica.

O arquiteto disse acreditar que o sistema industrializado não tolhe a projeção, e que a necessidade de sistematizar o projeto e a construção auxilia na organização da instalação das infraestruturas. Entretanto, ressalta que a catalogação de peças e a predileção pela modulação de 6x12m podem limitar em alguns casos. Há dificuldade de executar curvas, por exemplo. Quando há opção pela curva costuma-se executar moldando concreto no local.

Em alguns contextos projetuais, quando há opção pelo concreto pré-fabricado, e o projeto precisa ser elaborado a partir de peças catalogadas, caberia ao arquiteto entender bem o sistema e tirar melhor partido dele.

É preciso entender os encaixes, os detalhes necessários e o tipo de solução estética que será proporcionado. Tem-se o sistema como um dos parâmetros.

Ao projetar com o pré-fabricado de Belo Horizonte o arquiteto afirma que nunca observou problema intrínseco ao sistema. O que existe, segundo ele, é um desencontro na abordagem dos arquitetos, engenheiros e cliente.

O que vem à cabeça da maioria das pessoas quando se propõe o sistema pré-fabricado é uma edificação de estrutura aparente, com paredes encaixadas nos vãos da estrutura e uma cobertura qualquer por cima. Não precisa ser assim, é necessário entender a finalidade do prédio para que se possa dar a forma desejada.

Vejo que muitas vezes o pré-fabricado de concreto foi usado para resolver o emergencial, a arquitetura ordinária, não trabalhada adequadamente. E isso virou exemplo de arquitetura industrializada. Isso é um problema que se configurou no Brasil, em outras partes do mundo não.

Ele acredita que a utilização do sistema é feita, algumas vezes, para suprir algumas situações imprevistas e emergenciais. Nestes casos há adaptação do projeto que não havia sido concebido para o sistema industrializado, normalmente às pressas.

Nesses casos é possível que ocorram “aberrações” na construção decorrente da má adaptação do projeto original.

Acredita, também, que no projeto de arquitetura devem ser observados diversos pontos: orçamento, cultura construtiva do cliente, estabilidade estrutural, etc. O projeto não deve ser resultado de um único fator. É importante que haja, sobretudo, compreensão do contexto no qual se atua para que o projeto possa ser bem equilibrado.

Por exemplo, o que é produzido em Belo Horizonte é diferente do que é produzido no norte de Minas, ou ainda, no Amazonas.

Acredito que a industrialização serve para se ter menor desperdício, menor custo e maior agilidade, mas é necessário que haja adequação ao local e ao contexto onde se projeta e constrói.

Os projetos habitacionais para o Minha Casa Minha Vida que desenvolvemos aqui no escritório são projetados em sistemas industrializados e sofrem com a falta de contextualização.

Segundo o arquiteto, condições de ordem burocrática, que definem muitos parâmetros dos prédios para o MCMV, resultam em projetos com pouca qualidade. São exigências para padronizar as classificações das edificações, mas não há franca preocupação ao contexto de onde se constrói. Este programa habitacional busca responder a quesitos como a quantidade de pessoas atendidas no empreendimento e quantidade metros quadrados construídos. Neste sentido o sistema industrializado responde bem, constrói-se muito e rapidamente. Mas o resultado não costuma ser arquitetonicamente satisfatório, pois outros aspectos deixam de ser incorporados. Mas isso não é um problema do sistema construtivo, mas sim de outros fatores. Neste caso, as exigências legais⁵¹.

Tratando dos resultados estéticos obtidos nas edificações, o arquiteto acredita que ainda há um apego dos arquitetos à tradição do concreto armado devido à possibilidade de obter desenhos formais exclusivos.

⁵¹ Este autor acredita que o que impera, neste sentido, é a questão econômica: busca pelo menor custo visando o maior lucro.

Quando a decisão sobre o sistema construtivo acontece

Entendendo o **projeto arquitetônico como um processo complexo**, não existe o momento definitivo onde ocorre a opção por um determinado sistema construtivo. O arquiteto conta que nas experiências do escritório observou-se que este momento pode acontecer no estudo preliminar, na concepção inicial, ou em uma consulta a um calculista, por exemplo.

Neste sentido o arquiteto exemplifica com o projeto para o Parque Vila Olavo Costa, elaborado para a prefeitura de São João Del Rey.

A concepção inicial havia sido pensada em volumes que atendiam aos **requisitos funcionais**, após este estudo foi feita uma consulta a um calculista que ajudou a definir o sistema estrutural. Neste caso, a decisão sobre o sistema construtivo aconteceu através de um estudo em equipe multidisciplinar.

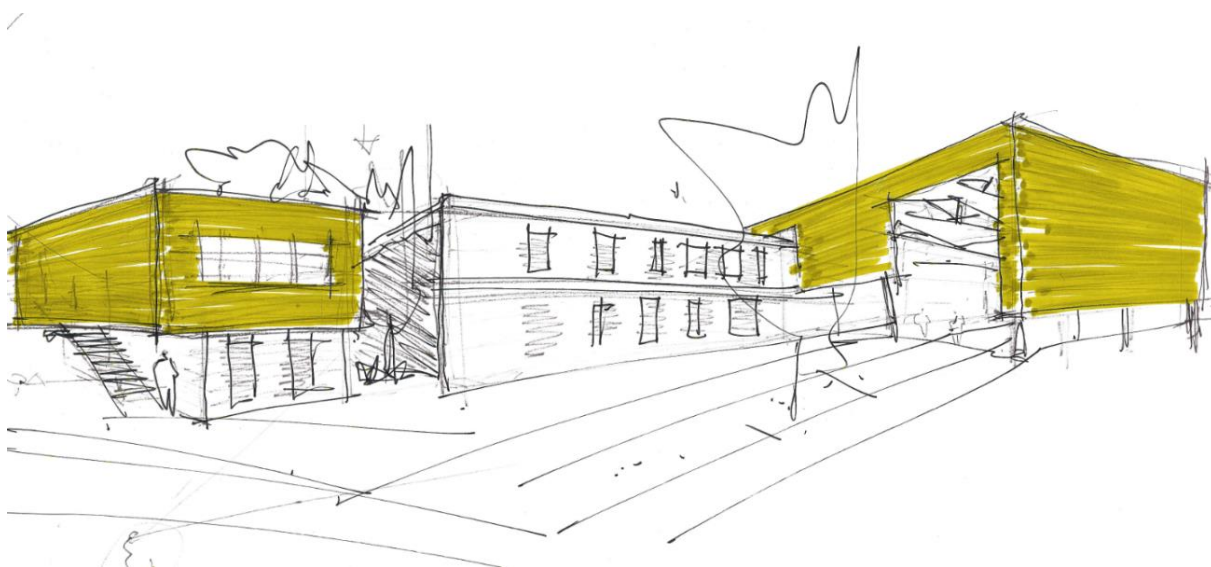


Figura 71. Croqui do volume inicial para o parque Vila Olavo Costa.

Fonte: Horizontes Arquitetura, 2015.

6.3 Entrevista com fornecedores do sistema

Critério para escolha dos entrevistados

As duas empresas entrevistadas são atuantes no mercado de Belo Horizonte. A primeira empresa possui uma fábrica fixa na Região Metropolitana de BH, configurando o modo tradicional de atuação, no qual as peças são transportadas da fábrica até o local de uso. A segunda empresa não possui fábrica fixa, essa é itinerante. A produção das peças ocorre na própria obra onde serão instaladas.

As entrevistas ocorreram nas sedes administrativas de cada uma das empresas. A entrevista da Empresa 01, PRECON, foi concedida pelo Sr. Antônio Cabral. A entrevista da Empresa 02, TEICON, foi concedida pelo Sr. João Hélio.

6.3.1 Resultado das respostas Empresa 01 - PRECON

A percepção sobre o mercado do pré-fabricado em Belo Horizonte

O mercado da indústria de pré-fabricados de concreto cresceu nos últimos anos devido ao *boom* da construção civil⁵², mas ainda pode ser expandido em Belo Horizonte. A oferta remanescente de mão-de-obra, pouco qualificada e a baixo custo, para a construção convencional ainda é decisiva para que haja predileção do sistema convencional em algumas obras. No mercado de São Paulo, segundo o entrevistado, a realidade é diferente, onde se usa maior quantidade de pré-fabricação. A predileção ao convencional também está relacionada com a cultura construtiva, que é muito presente no mercado mineiro.

O entrevistado diz que, ao longo de sua carreira, constatou que as obras em pré-fabricados de concreto eram de fato mais caras no passado, por isto havia pouca demanda. Em Minas Gerais, as obras pendulavam majoritariamente entre o sistema convencional e sistema metálico, influenciado por empresas de como Usiminas ou Açominas.

No passado, a construção pré-fabricada na cidade era muito limitada, **os arquitetos não tinham muitas opções para diversificar e não gostavam do sistema.** Era

⁵² Crescimento da construção civil devido a incentivos do Estado e a realização de grandes eventos esportivos no país.

comum dizerem que “o projeto ficaria engessado” ou “só se poderia usar um tipo de fôrma”. O que havia era uma construção tipo o brinquedo “Lego”, de montagem das peças. A solidarização nas rótulas era leve, a estrutura era isostática, permitindo deformações relativamente grandes. Isso limitava a altura das construções. Entretanto, **a partir de 1995 a construção pré-fabricada mudou de patamar.**

Hoje, as estruturas podem facilmente ser hiperestáticas, as soluções construtivas estão dominadas. A solidarização das peças é mais eficiente e assim a estrutura pré-fabricada tem o comportamento mecânico igual ao de uma edificação convencional, o que aumenta muito as possibilidades construtivas e projetuais.

Mudanças decorrentes do boom da construção entre 2005 e 2010⁵³

Entre os anos de 2005 e 2010 o Brasil passou por um *boom* na construção civil. Os construtores não conseguiram atender a demanda do mercado, faltaram operários para quase todas as obras. Com isso a pré-fabricação cresceu.

Com o aumento da demanda e a melhoria da tecnologia empregada na edificação, houve a oportunidade de importação de equipamentos como guias e guindastes que possibilitaram a execução de obras de maior porte. Hoje, o Brasil já possui edifícios pré-fabricados com altura de 70m, e tem domínio técnico para executar até 100m com facilidade. Acima disso o mais vantajoso seria executar em sistema metálico, segundo o entrevistado.

Houve uma modificação clara no perfil dos operários da construção civil. Nestes cinco anos aconteceu uma escassez temporária de operários, o que provocou o aumento do custo da mão-de-obra.

Observo também a mudança na condição de escolaridade dos operários. A melhoria nas condições de acesso às Universidades transferiu as pessoas dos canteiros de obra para as escolas. A oferta da mão de obra de pedreiros e serventes diminuiu, por exemplo.

⁵³ O *boom* da construção civil neste período deveu-se a incentivos fiscais, implementação do programa MCMV, obras para a copa do Mundo e Olimpíadas. Segundo dados da Fundação Getúlio Vargas (2011) a previsão era de que o PIB da construção superasse o PIB nacional. Fonte visitada em junho de 2015: <http://www.revistamercado.com.br/destaques/o-%E2%80%9Cboom%E2%80%9D-da-construcao-civil/>

Outro aspecto que se alterou nestes cinco anos, foi a forma como as empresas passaram a trabalhar. Os fornecedores passaram a oferecer o serviço de estudo de viabilidade. Nessa abordagem o anteprojeto arquitetônico é avaliado e verifica-se o que pode ser executado em pré-fabricado, com a opção de se praticar a obra em sistema misto.

Não é necessário atender a 100% da estrutura em pré-fabricados. Com a análise do partido arquitetônico admite-se a aplicação de trechos em peças pré-fabricadas e outros não. Hoje, a forma como as empresas trabalham permite que cada caso seja estudado individualmente. Se, por exemplo, a arquitetura exige uma forma curva, exclusiva, não é razoável fazer essa peça em pré-fabricado, pois não haverá sentido econômico nisto.

Por exemplo, para se construir shopping centers ou galpões de supermercado, em Belo Horizonte, se faz quase todos em estrutura vertical de pré-fabricados e cobertura com tesouras metálicas, sistema misto.

No caso da estética, quando a estrutura ficar aparente, recomenda-se a utilização do mesmo tipo de cimento nas peças moldadas no local e nas peças pré-fabricadas, para não haver diferença de tonalidade.

O crescimento da construção também incentivou o surgimento de **maior quantidade de fornecedores de fôrmas metálicas**, o que possibilitou uma maior diversificação de peças pré-fabricadas. Esse era um grande limitador do processo.

Observações quanto à logística da obra

Outro fator a ser levado em consideração relaciona-se às questões do local onde será construído. Para explicar, o entrevistado usou exemplo do Shopping Pátio Savassi, localizado no centro-sul de Belo Horizonte. O prédio foi executado com peças pré-fabricadas pela Empresa 01.

O prédio original deste shopping⁵⁴ foi executado com todos os pilares em concreto pré-fabricado, todas as vigas metálicas e as lajes em *steeldeck* e alveolares de

⁵⁴ Este shopping se localiza na região centro sul de Belo Horizonte, esquina da Avenida do Contorno com Avenida Nossa Senhora do Carmo. O prédio original foi inaugurado em 2004, com a primeira expansão em 2010 e a segunda expansão em 2015.

concreto pré-fabricado. Na época da execução (2010) esta opção permitiu menor prazo na finalização da obra, que era de interesse dos construtores.

A expansão, que está sendo feita desde 2014, não se viabilizou em pré-fabricado, pois a região do canteiro de obra impossibilita a logística da execução conforme o pré-fabricado exige: trânsito de carretas, posicionamento de guindastes para içamento das peças e espaço de estocagem. Por isso está sendo executada em concreto moldado no local.



Figura 72. Expansão de shopping em Belo Horizonte, 2014.

Fonte, editado pelo autor a partir de: <http://vejabh.abril.com.br/edicoes/shopping-patio-savassi-inicia-obras-expansao-terreno-anexo-798212.shtml>, visitado em 09 de março de 2015.

Certificação de obras, empreendimentos e a geração de resíduos.

A obra convencional gera muitos resíduos, grande volume de entulho e desperdício. O sistema pré-fabricado gera uma quantidade de resíduos mínimos, e, mesmo este mínimo, deve ser destinado adequadamente como exigência para a certificação⁵⁵ da indústria de pré-fabricados.

⁵⁵ A certificação é um processo de auditoria de uma entidade sobre outra (empresa, obra, indústria, etc.). Normalmente são empresas particulares que prestam o serviço de certificação baseado em critérios definidos. A certificação é um instrumento que vem sendo valorizado no mercado como forma de destaque comercial.

Como as indústrias e os empreendimentos têm interesse comercial nas certificações esse controle na geração de resíduos torna-se mais fácil e mais eficiente nas produções pré-fabricadas.

Emprego de novas tipologias devido a incentivos do Estado

O entrevistado relata que a empresa desenvolveu tipologias construtivas exclusivas para o programa habitacional Minha Casa Minha Vida. Não há disponibilização deste produto para o mercado amplo. São painéis pré-fabricados para vedação com todas as tubulações de instalações embutidas.



Figura 73. Tipologia do painel MCMV em BH

Fonte (SILVA, 2012)

A relação de trabalho entre a indústria e os escritórios de arquitetura

Quando há oportunidade de trabalhar com os escritórios desde o início do projeto realiza-se um estudo de viabilidade, incluindo uma estimativa de custos, a partir do **estudo preliminar**⁵⁶, que está mais próximo da concepção do arquiteto. Se não for possível que o estudo de viabilidade seja feito nesta etapa pode ser utilizado o **anteprojeto**, neste caso a indústria pode sugerir pequenas alterações ou sistemas mistos (para o que não foi possível de executar no pré-fabricado).

⁵⁶ A NBR 6492/94 define as etapas de projeto arquitetônico: *levantamento do programa, estudo preliminar, anteprojeto, projeto executivo*. Na prática pode haver variantes no processo como a necessidade de *projeto legal*. Alguns escritórios definem também a etapa do *projeto básico*, anterior ao executivo, que subsidiará a elaboração dos projetos complementares de instalações e estrutura.

Todas as grandes empresas fornecedoras do sistema industrializado de concreto em Belo Horizonte fazem este serviço, é parte do processo que as empresas têm tentado fazer para ampliar a utilização do pré-fabricado.

A resistência em usar o sistema pré-fabricado, que existia por parte dos arquitetos, está menor (conforme comentado pelo entrevistado). Obviamente isso decorre da ampliação das alternativas projetuais (como a possibilidade de que os edifícios sejam hiperestáticos), do maior acesso às empresas fornecedoras e da abertura a alternativas mistas.

Procedimentos de estudos de viabilidade

Nos estudos de viabilidade busca-se encontrar soluções para a pré-fabricação, e estas podem ocorrer de diversas formas. Pode ser uma exigência da arquitetura, que a indústria vai buscar solucionar, ou pode ser uma adaptação no desenho arquitetônico que vai viabilizar uma solução construtiva existente no mercado.

Como exemplo, o entrevistado citou um estudo feito para a UFMG de um edifício projetado, hiperestático e sem vigamentos internos. De geometria esbelta: a planta de 12,50m x 52,50m com uma altura de cinco pavimentos. Havia a previsão de uma sequência de *shafts* infraestruturais próximos às linhas de pilares.



Figura 74. Imagem da volumetria do Edifício da UFMG, relação da esbelteza.
Fonte: Caderno de apresentação de projeto do Bloco de Aulas Práticas. DFPF, 2012.

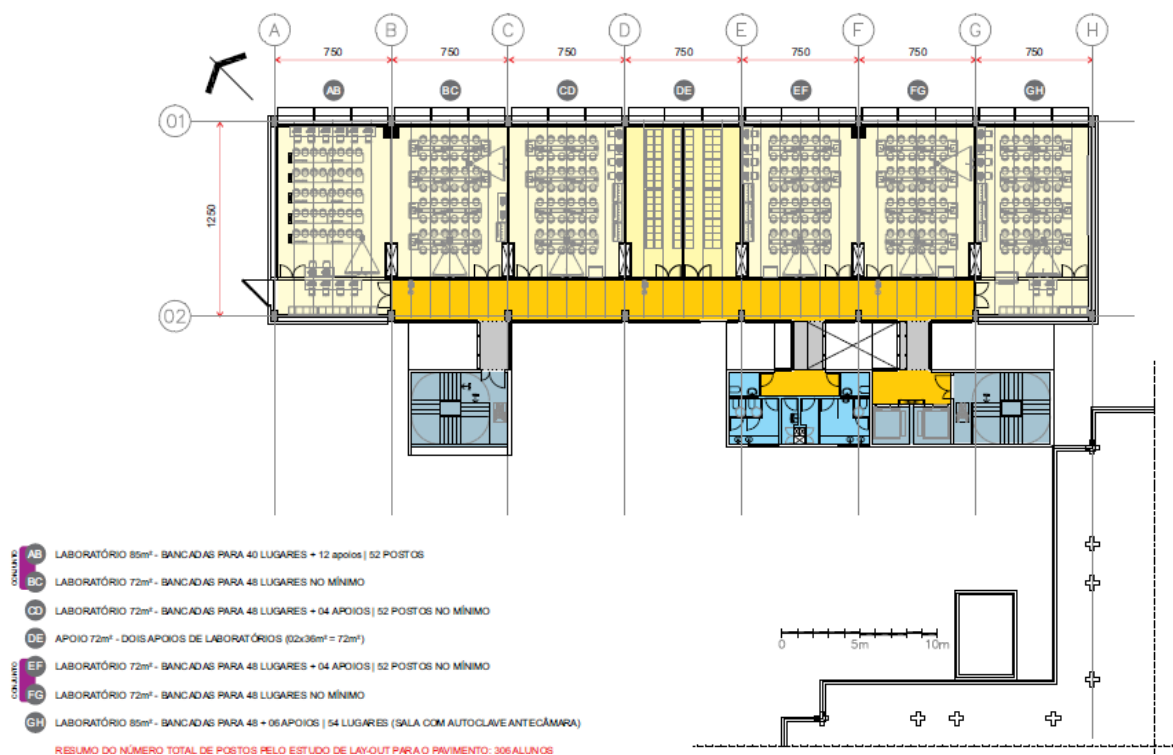


Figura 75. Edifício da UFMG, sem vigamento interno e com shafts internos

Fonte: Caderno de apresentação de projeto do Bloco de Aulas Práticas. DPFP, 2012.

A geometria da planta sugere uma estrutura tradicionalmente concebida com vigamentos intermediários, para contraventamento, mas havia um impeditivo arquitetônico que solicitava a laje desimpedida. Para resolver a questão o contraventamento foi feito com um pequeno acréscimo de 10cm na dimensão dos pilares. O estudo de relação de custos foi feito e constatou-se que não oneraria a construção. Essa solução foi aceita pelos arquitetos, o que viabilizou o atendimento do pré-fabricado à arquitetura concebida.

Intervenientes relativos a tributos

Um dado peculiar do sistema pré-fabricado, que entra na conta de quem constrói, é a relação de impostos que incidem sobre a fabricação e transporte das peças.

Qualquer produto que é transportado por vias públicas deve ser taxado com o ICMS, e isso vale para os pré-fabricados de concreto. Outra taxa é o ISSQN que é o imposto municipal que incide sobre serviços prestados de qualquer natureza.

Em Belo Horizonte os valores são da ordem de 12%, para o ICMS; e 3%, para o ISSQN. Na construção convencional, que é executada no canteiro⁵⁷, não há ICMS.

6.3.2 Resultado das respostas Empresa 02 - TEICON

A percepção sobre o mercado do pré-fabricado em Belo Horizonte

A mão de obra para construção civil em Belo Horizonte costumava ser muito barata e abundante. Porém, a razão salarial se modificou nos últimos anos. Antes se pagava a um pedreiro um salário mínimo; hoje R\$ 788,00; agora paga-se um piso de aproximadamente R\$ 2.000,00 mais impostos. O custo para o empregador passa a ser em torno de R\$ 4.000,00. O aumento do número de obras em Belo Horizonte, o *boom* da construção civil, criou uma escassez de mão-de-obra, o que elevou os salários dos operários.

O perfil do trabalhador da construção civil, e de sua família, mudou. O maior acesso às universidades provocou uma tendência de especialização e qualificação do trabalhador. Assim, seu perfil já não se encaixa mais como operário de chão de obra, como pedreiro ou servente.

A diminuição da mão de obra barata e abundante favorece a introdução da industrialização da construção civil, e sua maior mecanização.

Há uma questão cultural a ser observada. As escolas de engenharia não contam com disciplinas exclusivas que abordam o tema dos pré-fabricados de concreto, por exemplo. Observa-se, através de contato com estagiários do escritório, que os estudantes não são preparados para lidar com obras industrializadas. Eles são claramente preparados para a construção convencional.

Sobre a proposta de atuação da empresa

Observa-se que as peças pré-fabricadas, devido ao seu grande peso, contribuem para o desgaste das vias públicas e apresentam algumas necessidades especiais para o transporte. O que faz apresentar a necessidade de um custo, em certa medida, elevado para o frete. Esses

⁵⁷ Neste caso o entrevistado se refere à estrutura portante da obra convencional em comparação à estrutura pré-fabricada, pois os demais produtos como esquadrias, brises, equipamentos elétricos, etc. são fornecidos à obra prontos e também sofrem taxações de transporte.

impactos e o problema da taxaço do transporte de peças industrializadas (ICMS) nos levaram a conceber uma forma de atuaço diferente, no qual a fábrika está dentro do canteiro de obras.

A planta da indústria não é fixa e pode ser instalada junto às obras. Desde que haja espaço suficiente para a alocaço da fábrika. A fábrika deve ser montada contígua à obra para que não haja necessidade de transportes⁵⁸ e circulaço de peças em vias públicas.

Neste sentido, agregam-se novas características para a pré-fabricaço. Com a ‘fábrika móvel’ ocorre a reduço no tempo de fornecimento, sem necessidade de frete. Há uma reduço de custos, uma vez que não há cobrança de impostos por circulaço de mercadorias.

O controle de qualidade continua garantido, como nas indústrias fixas. Há limitaço, porém, quanto à instalaço da fábrika móvel, que necessita de uma área que varia em função da dimensão da produço e estocagem demandada por cada obra.

As fôrmas de 50 x 50cm são as mesmas das indústrias fixas de Belo Horizonte, em chapa metálica que podem ser modificadas, em certo limite. Os aços para armadura podem ser recebidos na obra cortados e dobrados. A central de concreto e a pista de protensão também são móveis, podem ser inteiramente montados em cada obra.

Sobre a reduço de impostos que incidem sobre o produto

Com a supressão do transporte no processo construçáo de pré-fabricados, é possível eliminar o imposto sobre circulaço de mercadorias, que incide no modelo tradicional da indústria.

⁵⁸ Neste caso a posicao da fábrika em relaço a obra é imperativa para que não haja transporte de peças e a conseqüente cobrança de impostos por circulaço de mercadorias (ICMS).



Figura 76. Tipologia das obras desenvolvidas pela Empresa 02

Fonte: <http://teicon.com.br/produtos/1/26/pilare>. Maio de 2015.

6.4 Discussão preliminar desta seção

Os arquitetos lidam com diversos intervenientes a serem conjugados para realizar seus projetos, não apenas a técnica que configura a esfera da pré-fabricação.

Um importante fenômeno, relatado nas entrevistas, merece ser destacado: **a mudança do perfil dos trabalhadores da construção civil**, que se deve ao maior acesso à educação universitária. Aliado a isso, o crescimento da quantidade de obras nos últimos anos e o advento de maior tecnologia (maquinários) provocou uma reorganização no setor. Esses processos apontam para uma conjuntura de demanda pela industrialização: **mais tecnologia disponível e menor quantidade de mão de obra disponível**.

De toda maneira, a mudança de patamar da construção civil não se consolidou, a construção convencional continua majoritária em Belo Horizonte.

7 A FORMAÇÃO DOS PLANEJADORES DE OBRAS

Os questionamentos apresentados no começo deste trabalho consideram que um dos possíveis fatores para a manutenção do sistema convencional na base da construção civil poderia estar na formação acadêmica dos profissionais de planejamento de obras: arquitetos e engenheiros. Neste sentido, mostrou-se importante um estudo junto aos estudantes e professores para entender a questão.

Apesar de buscarmos, sobretudo um raciocínio arquitetônico sobre o problema analisado, acreditamos que seria necessário entender, também, como os engenheiros civis, e os estudantes de engenharia, se enquadram neste contexto, uma vez que podem estar juntos aos arquitetos no processo de escolha dos sistemas construtivos⁵⁹.

Para formar a estrutura argumentativa desta seção adotaram-se os seguintes métodos. Primeiramente fizemos uma análise básica da estrutura curricular dos cursos de arquitetura e de engenharia civil da UFMG. Fizemos consultas a professores da Escola de Engenharia da UFMG, do departamento de materiais, para compreender como as novas tecnologias construtivas são tratadas nesta escola. E, finalmente, as pesquisas junto aos estudantes de arquitetura, que se deram sob dois momentos distintos: uma série de análises dos projetos apresentados na disciplina oferecida na Escola de Arquitetura durante dos semestres do ano de 2014 e uma consulta aberta, através de um questionário on-line.

Por fim, discutiremos sobre o aumento da oferta de vagas no ensino superior que tem provocado o fenômeno de modificação do perfil dos trabalhadores da construção civil, à luz do que foi revelado na seção anterior, **ENTREVISTAS**.

7.1 Sobre a atual formação dos arquitetos

A arquitetura caracteriza-se por oferecer aos seus alunos uma formação generalista. O curso contém disciplinas de conteúdo teórico e prático. Os temas como o mercado

⁵⁹ Conforme foi indicado por um dos entrevistados. Seção: **6.3 Entrevista com fornecedores** do sistema

de trabalho e atuação dos arquitetos são abordados e discutidos durante a formação acadêmica.

O curso da UFMG, por exemplo, conta com disciplinas específicas que tratam dos aspectos técnicos, como a disciplina de *Materiais e Técnicas de Construção*; dos aspectos sociais, como a disciplina de *Estudos Sociais: Espaço e Sociedade* e dos aspectos históricos, conceituais e artísticos, como as disciplinas de *História da Arte*.

É fundamental, entretanto, congregarmos todos estes conhecimentos e demandas em disciplinas nas quais as respostas aos problemas arquitetônicos, do espaço construído, serão produzidas. As disciplinas de projeto têm este papel.⁶⁰

Devemos admitir, logo de início, que não há um procedimento único e definitivo para a produção arquitetônica, conforme discutido em seções anteriores. Do mesmo modo que não há uma forma única para o ensino de projeto. O que se busca é fazer um constante exercício de prospecção sobre possibilidades.

Para a eliminação de soluções ruins (ou dos erros) nós usamos a crítica. Fazemos arquitetura por tentativa e eliminação de erros, tal qual um cientista faz ciência. (MALARD, 2005)

As discussões sobre a metodologia de ensino de arquitetura existem há muito tempo, e não existe unicidade. Uma experiência emblemática é do professor arquiteto John Hejduk⁶¹, que propunha que seus alunos praticassem formulações ambientais a partir de uma composição básica em planta conformada por nove quadrados, inscrita em dezesseis pilares.

Como qualquer arquiteto pode confirmar, apesar de partir de uma base comum – os nove quadrados – os resultados projetuais são diversos. Dependem diretamente do conhecimento prévio do arquiteto – ou estudante – que os produz.

⁶⁰ Muito do que discuto nesta seção é baseado no meu conhecimento e na minha vivência na Escola de Arquitetura como estudante e como orientador voluntário no ano de 2014.

⁶¹ Arquiteto norte-americano (1929-2000).

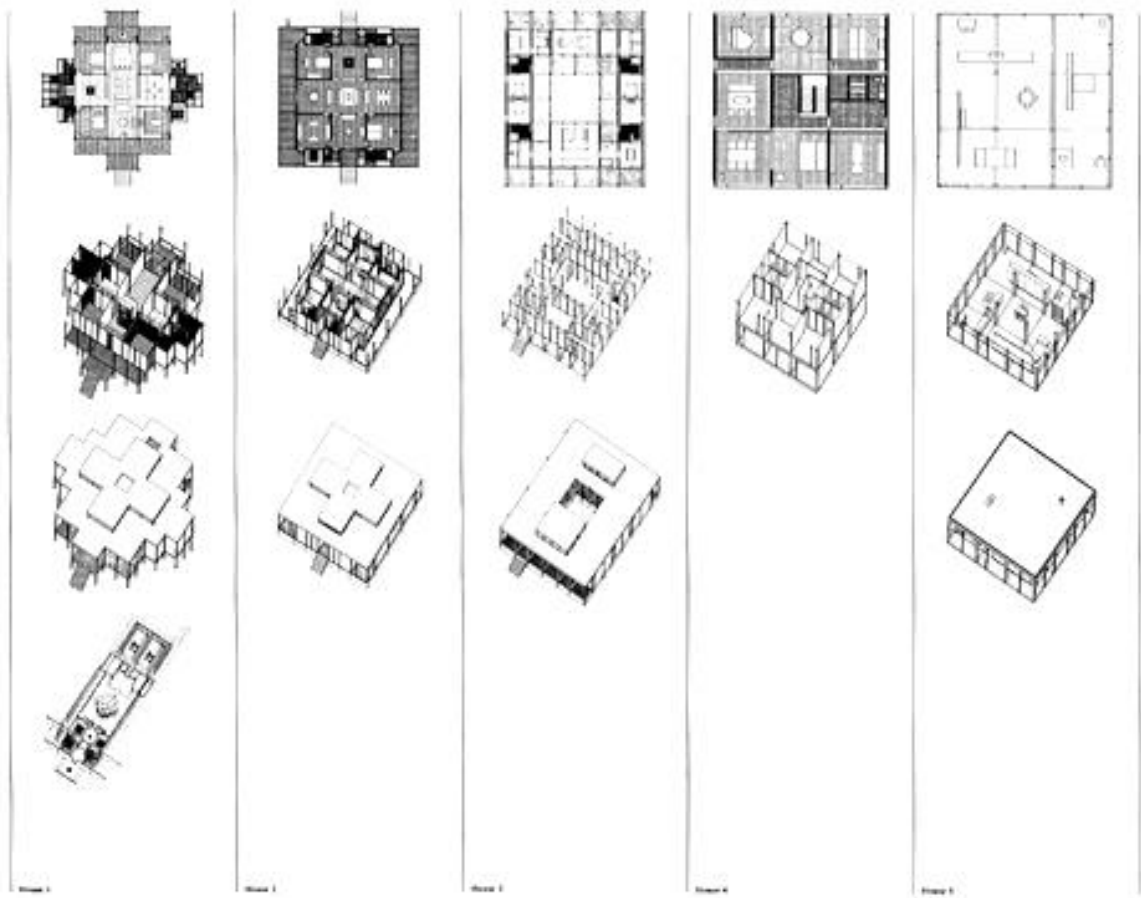


Figura 77. Exercício para produção de projetos, os nove quadrados de Hejduk.

Fonte: <https://www.pinterest.com/pin/348325352400605271/>. Maio de 2015.

Algumas disciplinas no ensino de arquitetura

A seguir apresentam-se três disciplinas da grade curricular⁶² da arquitetura. Busca-se compreender como são tratadas as questões de técnicas construtivas e projeto.

O tema das tecnologias para a construção civil é amplamente abordado no curso de arquitetura uma vez que são discutidas em quase todas as disciplinas, a citar: tecnologia das construções, técnicas retrospectivas e nas disciplinas de projetos.

⁶² Ementa de uma disciplina de projetos da EA-UFMG (2014).

<https://www2.ufmg.br/arquitetura/arquitetura/Colegiado-Home/Curso-Diurno/Estrutura-Curricular>

Disciplina: Fundamentação para projeto de arquitetura e urbanismo
Introdução ao exercício de projeto pela problematização de situações , proposição e execução de ideias, apoiada no conhecimento do desenho projetivo e do desenho técnico. Investigação das ferramentas de desenho aplicadas à expressão e representação da arquitetura e urbanismo no processo de projeto .
Disciplina: Tecnologia da construção
Compatibilização dos materiais de construção e dos sistemas construtivos no Projeto Arquitetônico e Urbanístico. Apropriação tecnológica: noções dos princípios e fundamentos concorrentes nos processos de escolha. Noções básicas das forças que convergem à produção da Arquitetura e do Urbanismo. Mercado de trabalho e demandas sociais.
Disciplina: Construção Industrializada
Evidencia-se que há uma busca em desenvolver no aluno a habilidade de seleção correta do sistema construtivo. As disciplinas de projeto simulam as práticas projetuais e as disciplinas de tecnologia introduzem os conhecimentos das variações que influenciam nas escolhas.

Tabela 5. Destaque para algumas disciplinas de arquitetura

Fonte: grade curricular de arquitetura da UFMG, 2015.

7.2 Sobre a atual formação dos engenheiros civis

A análise da atual grade curricular⁶³ de disciplinas, de suas ementas e da consulta a alguns professores do curso de engenharia civil da UFMG, permite uma compreensão básica dos aspectos a serem considerados sobre o ensino nesta Escola, no âmbito que interessa a este trabalho.

As ementas das disciplinas de tecnologia das edificações abordam temas de praticamente todo o espectro da construção civil, conforme destacamos a seguir.

Disciplina: TECNOLOGIA DAS EDIFICAÇÕES I
Ementa: Legislação e Implantação de Obra. Lei 7.166/96 - Lei de Ocupação e Uso do Solo de Belo Horizonte. Concreto: Produção, Lançamento, adensamento, cura e controle tecnológico. Formas: Metálicas e de madeira. Armação: Lajes, vigas, pilares e especiais. Telhados e Coberturas. Tópicos de instalações Gerais: Elétrica, hidráulica, combate a incêndio, gás canalizado, energia solar e aterramento. Alvenaria.
Disciplina: TECNOLOGIA DAS EDIFICAÇÕES II
Ementa: Orçamento de obras civis. Planejamento físico de obras: Pert CPM, Cronograma de Gantt, Curva "S", E.A.P. Licitação e Contrato - Lei 8.666/93. NBR-12.721 - Avaliação de Custos Unitários e Preparo de Orçamento de Construção para Incorporação Edifício em Condomínio. Esquadrias de aço, Alumínio, PVC e Madeira. Elevadores de Passageiros.
Disciplina: TECNOLOGIA DAS EDIFICAÇÕES III
Ementa: Revestimento de Piso, Teto, Parede, Forro e Divisórias. Coordenação de Projetos. Esquadrias. Pintura e Impermeabilização. Segurança do Trabalho. Estruturas Pré-Fabricadas.

Tabela 6. Destaques disciplinas Escola de Engenharia

Fonte: grade curricular de engenharia da UFMG, 2015.

⁶³ <https://www2.ufmg.br/civil/civil/Home/Grade-Curricular/VERSAO-2010-1>, em abril de 2015. Os grifos foram inseridos para destacar os assuntos pertinentes à discussão desta dissertação, em especial os temas construtivos.

Não existe, na atual grade, uma disciplina específica que focalize a industrialização aplicada à construção civil. As tecnologias das construções são tratadas majoritariamente em um ciclo de três disciplinas, chamada Tecnologia das Edificações (I, II, III), com uma carga horária de 60 horas cada. Estas disciplinas são fundamentadas em aspectos construtivos tradicionais: o concreto armado e alvenarias de bloco cerâmico, conforme informado pelos professores.

Os temas de novas tecnologias são tratados em tópicos dividindo a carga horária total da disciplina com os demais assuntos. Há um tópico em *Tecnologia III* que trata de estruturas pré-fabricadas. Os professores consultados para a dissertação, afirmaram que não têm visto movimentos relevantes acerca de pesquisas ou ampliação do estudo de tecnologias industrializadas na escola de engenharia.

7.3 Uma experiência com os alunos de arquitetura

Nesta seção tratarei da experiência e dados coletados junto aos estudantes de arquitetura nos últimos dois anos (2014 e 2015). Inicialmente serão apresentados os dados levantados nas práticas projetuais de duas turmas do curso noturno de arquitetura da UFMG. Depois, serão apresentados os dados levantados através de um questionário que foi respondido por alunos de faculdades de Belo Horizonte, Brasília, Curitiba e Lille (França). Em seguida discutirei esses dados.

7.3.1 As disciplinas de desenvolvimento de projeto

Oferecemos uma disciplina intitulada **desenvolvimento de projetos** no curso noturno da Escola de Arquitetura da UFMG, que ocorreu nos dois semestres de 2014. Ao todo participaram 15 alunos, distribuídos nos dois semestres, excetuados os não concluintes. Exigimos, como pré-requisito, que os alunos apresentassem um anteprojeto de sua autoria, concebido em uma disciplina anterior. A partir desses anteprojetos foram desenvolvidos novos desenhos técnicos, memoriais, listas e quantitativos para conformar um pacote de projeto executivo⁶⁴. Neste processo foram avaliadas as repercussões de executabilidade das decisões tomadas na etapa de concepção (anteprojeto).

⁶⁴ Projeto executivo, em arquitetura, é o conjunto de elementos (desenhos, listas e descritivos) que fornecem os dados exatos para que um edifício possa ser construído.

Os alunos eram incentivados, nas aulas, a criticar suas próprias escolhas projetuais a partir de ponderações feitas por mim, que levavam em considerações intervenientes práticos. Por exemplo: a necessidade de um vigamento que havia sido esquecido, a altura de pé-direito útil e a sua compatibilização com forro, cálculos de reservatórios de água, requisitos de segurança, entre outros elementos que poderiam ser relevantes para tornar exequíveis aqueles anteprojetos.

Esta disciplina deu a oportunidade de coletar dados qualitativos referentes às concepções projetuais que têm sido adotadas pelos alunos de graduação. Puderam ser percebidos, entre outras informações, as escolhas técnico construtivas, os partidos arquitetônicos, as metodologias projetuais e, talvez mais importante, a proposta contextual de cada um dos anteprojetos.

É prática usual nas disciplinas de projeto que seja elaborado um escopo teórico que justifique o projeto, a ser desenvolvido pelo aluno. Monta-se um cenário sob o qual o aluno baliza suas decisões. Tomando esta premissa como ponto de partida, temos fundamentalmente que um projeto de arquitetura **necessita de um contexto**.

Quando discutimos nosso próprio trabalho, temos de nos perguntar o que adquirimos de quem. Pois tudo que descobrimos vem de algum lugar. A fonte não foi nossa própria mente, mas a cultura que pertencemos. E é por isso que a obra dos outros está presente aqui de maneira tão patente à guisa de contexto. (HERTZBERGER, 1999)

As aulas desenvolveram-se a partir de orientações individualizadas, enquanto os demais alunos assistiam. A opção por este formato deu-se para proporcionar maior interação e aproveitamento das informações que eram discutidas com os alunos. Na primeira aula os alunos eram convidados a apresentarem e explicarem seus anteprojetos a todos. Cada aluno era instigado a responder sobre as razões que levaram a esta ou aquela escolha projetual na fase de concepção. Todos os alunos podiam interagir durante as apresentações, para que todas as dúvidas fossem elucidadas.

O modelo didático adotado foi o *aprendizado a partir de resolução de problemas* - PBL. (PASSOS e HERDY, 2010)

De partida, observei que os projetos eram majoritariamente em concreto moldado no local, divisória e vedações de alvenarias em bloco cerâmico, modelo da obra convencional. Dentre os oito alunos que completaram integralmente a disciplina no primeiro semestre, apenas um projeto estava concebido sistema industrializado (12,5%). Dentre os sete alunos concluintes do segundo semestre, foram dois trabalhos concebidos em sistema industrializado (28,5%).

Questionei todos os alunos, individualmente, sobre o cenário contextual no qual seu projeto seria construído. O desenho deste cenário seria importante para que o aluno ponderasse sobre a escolha do sistema construtivo que havia sido feita. Busquei esta abordagem, pois havia uma resposta padrão para a pergunta *por que escolheu este sistema construtivo? Porque é mais barato!* Entretanto esta resposta, quase automática, não deve ser aceita sem um pensamento crítico aprofundado. O tipo de sistema construtivo implica diretamente na produtividade da construção, por isso é natural que obras de caracteres diversos requeiram decisões distintas⁶⁵.

Um fato que se mostrou relevante foi uma resposta de uma das alunas no segundo semestre. Quando questionei sobre a escolha do tipo de sistema estrutural (também convencional) ela respondeu que havia projetado assim "**porque é o normal**". A partir dessa resposta, observei que os alunos tendem a compreender o sistema convencional como o natural, quase como uma "norma", ou um modelo ideal. Uma das alunas do primeiro semestre trouxe como anteprojeto um trabalho desenvolvido em seu intercâmbio na Espanha, para um lote em Madrid, e, mesmo este, concebido em um contexto diverso ao Brasil, foi proposto em sistema convencional.

O que se assiste, sob esse aspecto, é a consolidação do pensamento hegemônico sobre este sistema construtivo em Belo Horizonte. (SANTOS, 2008)

Os quadros a seguir compilam as informações dos projetos desenvolvidos na disciplina durante os dois semestres.

⁶⁵ Conforme discutido na seção: **3.4.1.6 Comparativo de preços**

QUADRO DE ALUNOS E PROJETOS 1º/2014		
ALUNO	TEMA DO PROJETO DESENVOLVIDO	SISTEMA CONSTRUTIVO
01	Anala Edifício novo de múltiplos pavimentos. Uso residencial. Local: Madri, Espanha.	Estrutura de concreto moldado no local e divisória de alvenaria em bloco cerâmico.
02	Daniel Conjunto Cultural. Uso institucional. Local: cidade do Paraguai.	Estrutura de concreto moldado no local e divisória de alvenaria em bloco cerâmico.
03	Gilmar Unidades habitacionais, unifamiliares, de interesse social. Local: Belo Horizonte.	Estrutura e vedação em alvenarias estruturais.
04	Isadora Edifício novo de múltiplos pavimentos. Uso residencial. Local: Belo Horizonte.	Estrutura de concreto moldado no local e divisória de alvenaria em bloco cerâmico.
05	João Pulo Edifício novo de múltiplos pavimentos. Uso residencial. Local: Belo Horizonte.	Estrutura de concreto moldado no local e divisória de alvenaria em bloco cerâmico.
06	Larissa Edifício de múltiplos pavimentos. Uso residencial e comercial. Intervenção em edifício na região central de Belo Horizonte.	Estrutura de concreto moldado no local e divisória de alvenaria em bloco cerâmico.
07	Mariana Edifício de múltiplos pavimentos. Uso residencial. Local: Belo Horizonte.	Estrutura de concreto moldado no local e divisória de alvenaria em bloco cerâmico.
08	Túlio Edifício pequeno porte, um pavimento. Uso e comercial. Local: Belo Horizonte.	Estrutura em <i>steel framing</i> . Divisórias, leves e laje <i>steel deck</i> .
LEGENDA E PONDERAÇÃO PARA TURMA DO 1º/2014		
Projeto com lógica construtiva tendendo ao sistema convencional		Projeto com lógica construtiva tendendo ao sistema industrial
87,5%		12,5%

QUADRO DE ALUNOS E PROJETOS 2º/2014			
ALUNO		TEMA DO PROJETO DESENVOLVIDO	SISTEMA CONSTRUTIVO
01	Bernardo	Edifício pequeno porte, um pavimento. Uso e comercial. Local: Belo Horizonte.	Estrutura em <i>steel framing</i> . Divisórias, leves e laje <i>steel deck</i> .
02	Clarissa Moura	Edifício de múltiplos pavimentos. Uso residencial. Local: Belo Horizonte.	Estrutura de concreto moldado no local e divisória de alvenaria em bloco cerâmico.
03	Clarissa Alexandrino	Edifício de múltiplos pavimentos. Uso residencial e comercial. Intervenção em edifício na região central de Belo Horizonte.	Estrutura em <i>steel framing</i> . Divisórias, leves e laje <i>steel deck</i> .
04	Dayane	Unidades habitacionais, multifamiliar, de interesse social. Local: Belo Horizonte.	Estrutura de concreto moldado no local e divisória de alvenaria em bloco cerâmico.
05	Edson	Edifício de múltiplos pavimentos. Uso residencial. Local: Belo Horizonte.	Estrutura de concreto moldado no local e divisória de alvenaria em bloco cerâmico.
06	Fernanda	Edifício de múltiplos pavimentos. Uso residencial. Local: Belo Horizonte.	Estrutura de concreto moldado no local e divisória de alvenaria em bloco cerâmico.
07	Mariana	Edifício de múltiplos pavimentos. Uso residencial e comercial. Local: Belo Horizonte.	Estrutura metálica e de concreto vedações em alvenaria.
LEGENDA E PONDERAÇÃO PARA TURMA DO 2º/2014			
Projeto com lógica construtiva tendendo ao sistema convencional		Projeto com lógica construtiva tendendo ao sistema industrial	
71,43%		28,57%	
PONDERAÇÃO TOTAL FINAL			
Projeto com lógica construtiva tendendo ao sistema convencional		Projeto com lógica construtiva tendendo ao sistema industrial	
80%		20%	

Tabela 7. Quadro resumo dos projetos da disciplina

A ponderação final demonstra um resultado que corrobora com nossa hipótese: **há uma manutenção cultural da projeção no sistema convencional na Escola.**

7.3.2 Consulta a estudantes e recém-formados em arquitetura

Complementarmente à disciplina de *desenvolvimento de projeto*, foi elaborado um questionário e distribuído a diversos alunos de arquitetura e a arquitetos recém-formados. Buscou-se com esse questionário proceder a uma verificação a partir de um espectro maior de pessoas. Optou-se por um questionário aberto. Havia dez questões, que buscaram focalizar o tema dos sistemas construtivos relacionando-os com as possíveis formas de projeção dentro das escolas de arquitetura. O questionário foi enviado pela internet, por e-mail e por sites de divulgação de questionários (plataforma Google Formulários). Ao todo foram aproveitados 20 questionários de alunos/recém-formados.

A escolha da utilização do questionário por via eletrônica objetivou os seguintes critérios: (a) possibilidade de obter o maior número de respostas; (b) trabalhar com uma resposta espontânea, em que o aluno só responderia se se sentisse à vontade para fazê-lo; (c) execução de um levantamento de dados em um período de tempo compatível com o andamento da pesquisa.

Por se tratar de um questionário virtual, não presencial, e sem a possibilidade de esclarecimento de dúvidas pontuais, observou-se durante a análise das respostas que houve equívocos de entendimentos. Esses equívocos foram desconsiderados nas análises o que não prejudicou a validação dos dados.

Na fase de análise e compilação das respostas foram observadas: (a) coerência das respostas às perguntas; (b) recorrência dos itens respondidos entre os estudantes para sua validação; (c) observação de discrepâncias, que afastariam a resposta; (d) novas informações relevantes ao tema pesquisado.

No quadro resumo das respostas, que apresento mais adiante, sintetizo as alternativas apresentadas pelos alunos na coluna “argumento central da resposta” e contabilizo sua “recorrência” em uma coluna a parte, para facilitar a mensuração e representação dos dados. O número da recorrência é dado em função da quantidade de respostas.

O enunciado do questionário trazia as seguintes orientações:

Estou desenvolvendo uma dissertação na Escola de Arquitetura da UFMG, o tema da pesquisa relaciona-se a "projetos de arquitetura e sistemas construtivos".

Dentro da pesquisa interessa saber sobre o ensino de arquitetura que se relaciona ao tema.

Este questionário é dirigido a estudantes de arquitetura e recém formados, e se puder ajudar respondendo ou encaminhando a alguém que possa responder, será extremamente importante para fundamentação da pesquisa.

Por favor, responda usando apenas os conhecimentos adquiridos na escola ou nos seus estágios.

Perguntas do questionário

Em qual escola de arquitetura você estuda e qual período você está?

Quais os projetos que você já desenvolveu na escola?

Quais os sistemas construtivos usados nesses projetos?

Qual a razão da escolha do sistema?

Seu(s) orientador(s) exigiu ou recomendou algum sistema específico? Por quê?

Você conhece algum sistema construtivo industrializado? Qual? De onde conheceu?

Em poucas palavras e usando o que você aprendeu na escola de arquitetura, há vantagem em se usar um sistema industrializado? Quais?

Sobre os projetos dos seus colegas, qual o sistema construtivo que se utiliza mais? Nos Trabalhos de Graduações que você viu, qual o sistema usado?

Na sua cidade, perto dos lugares que você frequenta, qual o tipo de sistema construtivo é usado?

As tabulações das respostas estão apresentadas a seguir.

QUADRO RESUMO COMPILAÇÃO DAS RESPOSTAS DOS ALUNOS	
ARGUMENTO CENTRAL DA RESPOSTA	RECORRÊNCIA
Em qual escola de arquitetura você estuda?	
Escola de Arquitetura em Belo Horizonte	60%
Escola de Arquitetura, no Brasil, fora de Belo Horizonte	30%
Escola de Arquitetura fora do Brasil	10%
Quais os projetos que você já desenvolveu na escola?	
Institucional ou comercial (usos não residenciais)	40%
Residencial para múltiplas famílias	50%
Residencial para uma família (casa)	10%
Quais os sistemas construtivos usados nesses projetos?	
Uso de concreto armado moldado no local e ou alvenaria estrutural	50%
Uso de sistema construtivo em concreto pré-fabricado	5%
Uso de sistema construtivo em sistema metálico	30%
Outros sistemas industrializados (exemplo: <i>steel framing</i>)	15%
Qual a razão da escolha do sistema?	
Exigência da disciplina o/ou orientação do professor	30%
Escolha sua como melhor opção de projeto, decisão do aluno	40%
Hábito construtivo e/ou observação de modelos relacionados ao projeto	30%
Seu(s) orientador(s) exigiu ou recomendou algum sistema específico? Por quê?	
Sim, capacidade de o sistema responder à necessidade projetual	40%
Sim, manter uma coerência do mercado que já usa o concreto armado	10%
Sim, por uma questão didática (os alunos estudarem diversos sistemas)	20%
Não	30%
Você conhece algum sistema construtivo industrializado? Qual? De onde conheceu?	
Sim. Vários (pré-fabricado, steel framing, estruturas metálicas) em aula	80%
Sim. Vários (pré-fabricado, steel framing, estruturas metálicas) pesquisa	10%
Sim. Pré-fabricado, observado em obra	10%

Em poucas palavras e usando o que você aprendeu na escola de arquitetura, há vantagem de se usar um sistema industrializado? Quais?	
Sim, eficiência de obra (rapidez de execução e qualidade do produto final)	50%
Sim, previsibilidade de custos e melhor planejamento de obra	20%
Sim, menor geração de resíduos de obra (sustentabilidade ambiental)	30%
Sobre os projetos dos seus colegas, qual o sistema construtivo que se utiliza mais? Nos Trabalhos de Graduações que você viu, qual o sistema usado?	
Uso de concreto armado moldado no local e ou alvenaria estrutural	75%
Uso de sistema construtivo em sistema metálico	17%
Outros sistemas industrializados	8%
Na sua cidade, perto dos lugares que você frequenta, qual o tipo de sistema construtivo é usado?	
Uso concreto armado moldado no local e ou alvenaria estrutural	80%
Uso de sistema construtivo em sistema metálico	10%
Outros sistemas industrializados	10%

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES PONTUAIS IMPORTANTES

Um dos estudantes declarou que não teve nenhum incentivo para usar outros métodos construtivos que não o concreto armado convencional.

Um dos estudantes declarou que o sistema construtivo não era tratado com relevância e que a escolha do tipo de sistema em concreto era devido a um hábito.

A escolha do tipo de sistema acontece em 60% dos casos sem crítica do aluno, ou por orientação do professor, exigência da disciplina ou por observação do que é típico ao seu redor. Em 70% dos casos a escolha do tipo de sistema é recomendação dos professores.

Quando perguntado se há vantagem de usar um sistema industrializado, todas as respostas envolviam questões de execução de obra, economia e qualidade ambiental, não foi indicado nenhum critério de projeto (nem dificuldades nem facilidades).

A pergunta “*Na sua cidade, perto dos lugares que você frequenta, qual o tipo de sistema construtivo é usado?*” Retrata unicamente a percepção dos estudantes em relação ao que é produzindo na cidade. Alguns alunos, por exemplo, relacionaram o uso dos sistemas industrializados com “obras de grande porte”.

Tabela 8. Compilação dos dados do questionário

7.3.3 Leitura dos dados

Nos dados levantados durante as aulas e no questionário, obteve-se uma boa quantidade de dados qualitativos. Os dados foram interpretados, descritos e foram também traduzidos quantitativamente.

Dados das aulas de projeto

Os relatos dos alunos durante as aulas apontam para um entendimento generalizado de que o sistema convencional é um modelo a ser seguido (80%). Não houve indícios de que os alunos criticam este sistema pelos problemas que pode acarretar, tais como: dificuldades durante a execução, deformações de peças, condições dos trabalhadores, desperdícios, etc.

O argumento que baliza quase todos os projetos é em relação ao baixo custo do item. Dizem que o sistema convencional é o mais barato por isso foi empregado. Entretanto quando questionado sobre o contexto em que aquele projeto está sendo concebido o aluno normalmente não tem uma base de dados sólida. A contextualização do projeto não está repercutindo na solução projetual. Dessa maneira a justificativa, *menor custo*, torna-se vazia.

Seria necessário, durante a concepção dos projetos na Escola, criar uma circunstância conjuntural sólida e balizadora para demonstrar ao aluno que a decisão projetual precisa ser contextual. O critério do “mais barato” é relativo a uma obra ou de uma necessidade específica.

Dados dos questionários

Através da pesquisa, feita através do questionário, confirma-se o que se observa empiricamente: há uma inércia no uso de sistemas construtivos convencionais nas propostas projetuais acadêmicas.

Quando perguntados sobre os sistemas construtivos industrializados, 100% dos alunos afirmam conhecer, através de aulas e pesquisas próprias, e reconhecem as vantagens destes sistemas. Entretanto, quando perguntados sobre o tipo de projeto que costumam fazer, ou que observam de seus colegas, 75% afirma que usam ou observam o sistema convencional. Apenas 8% aponta esta resposta para sistemas industrializados. Quando perguntado sobre a razão das escolhas de projetos 30% dos alunos apontam para hábito construtivo. Quando perguntado qual o tipo de sistema construtivo é usado nos lugares de sua vivência cotidiana 80% respondeu que o sistema é o convencional.

A escolha do tipo de sistema construtivo acontece em 60% dos casos: sem crítica do aluno, pela simples orientação do professor, pela exigência da disciplina ou por observação do que é típico ao seu redor.

Nos trabalhos finais de graduação os sistemas não industrializados são predominantes. Sendo 75% em concreto armado moldado no local e ou alvenaria estrutural, e 17% em sistema metálico (que não é necessariamente industrializado).

Na interpretação dos dados, pode-se afirmar:

Tipologia de projeto predominante: residencial de múltiplas famílias (50%). **Tipo de sistema construtivo mais usado nestes projetos:** uso concreto armado moldado no local e/ou alvenaria estrutural (50%). **Uso do sistema por orientação do professor:** devido à capacidade de o sistema responder à necessidade projetual e manter uma coerência do mercado que já usa o concreto armado (40% + 10%).

O panorama sinalizado é de que, dentro das escolas, tratando-se de escolhas de sistemas construtivos, ainda há uma predileção do sistema convencional.

7.4 Sobre a modificação do mercado de trabalho devido à educação

Um dado recorrente que apareceu durante a pesquisa, se refere à modificação do perfil dos operários da construção civil devido à possibilidade de acesso à educação universitária. Esse fenômeno provocou: por um lado, maior formação de pessoas capazes de planejar a obra, por outro lado uma gradativa diminuição de oferta de mão de obra como: mestres-de-obras, pedreiros e serventes.

Como uma das principais características da industrialização reside justamente na especialização da mão-de-obra, este dado torna-se relevante no contexto estudado.

Destaca-se que este processo está em andamento no país, e por ser um fenômeno recente, é tratado aqui com muita precaução e não definitiva. Essa realidade pode variar de acordo as próximas políticas do Estado. Dentre os atuais programas de incentivo à educação superior estão: ProUni, ReUni e Fies.

Ampliação das vagas é um dos indicativos dessa realidade. No ano de 2014 formou-se a primeira turma do curso noturno em arquitetura.

Para 2009, o curso de Arquitetura e Urbanismo vem cheio de novidades. A primeira delas é o oferecimento do curso à noite, com a abertura de mais 60 vagas, expansão viabilizada por meio de recursos do governo federal para o Plano de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (Reuni).

Quem optar pela graduação noturna, fará um curso com ênfase em planejamento urbano e habitação popular. Já o curso diurno continua com as mesmas características, entre elas a pluralidade.⁶⁶

⁶⁶ https://www.ufmg.br/diversa/15/index.php?option=com_content&view=article&id=35:arquitetura-e-urbanismo&catid=15:ciencias-sociais-aplicadas&Itemid=14. Abril de 2015.

8 PROJETOS E OBRAS PÚBLICAS

Um dado que se mostrou relevante para o atual contexto da produção de edifícios diz respeito às obras públicas. As entrevistas com os arquitetos e fornecedores revelaram que parte significativa dos projetos arquitetônicos e das obras civis são demandas das entidades públicas. Neste sentido, a *lei de licitações* representa interveniente capital em parte significativa das produções. O estudo desse tema busca analisar como a aplicação da lei pode influenciar nas decisões das técnicas.

A lei 8.666/1993, a lei de licitações, estabelece as regras gerais sobre contratações públicas. Estão submetidas as suas definições obras, serviços, compras, alienações e locações, das esferas da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios.

8.1 A lógica básica da lei de licitações

Para que se possa compreender como a lei de licitações interfere nos projetos e obras, à luz desta pesquisa, é necessário que sejam discutidos dois aspectos fundamentais: (a) a lógica sequencial de desenvolvimento de projeto e obra e (b) os critérios básicos de contratação.

A seção III da lei de licitações determina que sejam cumpridas as seguintes etapas, nesta sequência, para a execução de obras: elaboração de um projeto básico, elaboração de um projeto executivo e execução das obras e serviços. Podendo haver a elaboração do projeto executivo durante os serviços de obra, desde que autorizado pela administração contratante (entidade pública).

O projeto básico, segundo esta lei, é o conjunto de elementos capaz de caracterizar a obra ou serviço, com o adequado grau de precisão. Deve estar baseada em um conjunto de estudos que assegurem a viabilidade técnica construtiva, os impactos ambientais, avaliação de custos e prazos.

Na etapa de contratação do projeto, serviços ou das obras, a lei determina que deve ser adotado o critério de maior vantagem à administração pública.

*Art. 3º A licitação destina-se a garantir a observância do princípio constitucional da isonomia, a **seleção da proposta mais vantajosa** para a administração e a promoção do desenvolvimento nacional sustentável e será*

*processada e julgada em estrita conformidade com os princípios básicos da legalidade, da impessoalidade, da moralidade, da igualdade, da publicidade, da probidade administrativa, da vinculação ao instrumento convocatório, do julgamento objetivo e dos que lhes são correlatos.*⁶⁷

A introdução da modalidade do pregão, através da lei 10.520/2002, promoveu uma importante alteração na forma de licitação no país. O decreto 5.450/2005, complementar à lei, definiu as possibilidades do pregão eletrônico.

O pregão eletrônico visa, basicamente, aumentar a quantidade de participantes nos processos de licitação e baratear o processo. Segundo as bibliografias consultadas, o decreto 5.450/2005 permite a utilização do pregão eletrônico para a contratação de serviços de engenharia, desde que caracterizados como “serviços comuns”⁶⁸. Neste caso incluem-se os projetos de engenharia e arquitetura⁶⁹.

O pregão eletrônico acontece através de um dispositivo on-line, no qual os interessados apresentam suas propostas. Inicia-se com a fixação da proposta de menor valor. O pregoeiro então instiga os concorrentes a fazer lances até que não haja mais propostas. O pregão ocorre como um leilão ao contrário, ganha o fornecedor que oferecer o menor preço pela mercadoria ou serviço.

O pregão pode ser destacado como uma modalidade de licitação que proporciona maior agilidade, redução de custos do processo licitatório e do preço do objeto. Entretanto, em nenhuma das bibliografias consultadas foi detectada vantagem qualitativa do objeto contratado. Ou seja, o pregão não garante a qualidade do projeto e do serviço, neste sentido prevalece o critério de menor preço para a escolha do contrato.

⁶⁷ Grifo meu.

⁶⁸ Jurisprudência a partir do entendimento de algumas contratações e definições do Tribunal de Contas da União (TCU). Fonte consultada em 06 maio 2015:

http://www.comprasnet.gov.br/ajuda/siasg/FaqPregaoElet_Jan2008.htm#R12

⁶⁹ Algumas fontes apontam um entendimento de que não se poderia haver contratação serviços de engenharia, neste caso também o projeto, através de pregão eletrônico. Entretanto é prática comum, sendo facilmente encontrados diversos pregões para projetos de engenharia e arquitetura em buscas pela internet.

De acordo com a lei de licitações as modalidades de contratação que se baseiam na “técnica” são as indicadas para a compra de projetos especializados.

Art. 46. Os tipos de licitação "melhor técnica" ou "técnica e preço" serão utilizados exclusivamente para serviços de natureza predominantemente intelectual, em especial na elaboração de projetos, cálculos, fiscalização, supervisão e gerenciamento e de engenharia consultiva em geral e, em particular, para a elaboração de estudos técnicos preliminares e projetos básicos e executivos, (...)

Entretanto, ao estudar-se sobre as práticas utilizadas nas contratações, detecta-se que projetos de engenharia e arquitetura costumam, também, ser contratados pelo critério do menor preço, através de pregão eletrônico, justificando-se tratar de serviços comuns.

O site do Ministério Público Federal, esclarece o pregão da seguinte forma:

O pregão vem se somar às demais modalidades previstas na Lei n.º 8.666/93, que são a concorrência, a tomada de preços, o convite, o concurso e o leilão. Diversamente destas modalidades, o pregão pode ser aplicado a qualquer valor estimado de contratação, de forma que constitui alternativa a todas as modalidades. Outra peculiaridade é que o pregão admite como critério de julgamento da proposta somente o menor preço⁷⁰.

Por fim, cabe destacar que a utilização do pregão eletrônico, com o critério de preço mais vantajoso para as compras públicas, decorre não apenas de uma opção, mas sim da obrigatoriedade. Sobre o assunto, o Tribunal de Contas da União (TCU) proferiu a seguinte decisão por intermédio do Acórdão 1.395/2005⁷¹, da Segunda Câmara: *utilize licitação na modalidade pregão para a aquisição de bens e serviços comuns.*

⁷⁰ Fonte: <http://www.prse.mpf.mp.br/> visitado em 06 maio 2015.

⁷¹ Acórdão disponível em (consultado em 06 maio 2015).

<http://www.lexml.gov.br/urn/urn:lex:br:tribunal.contas.uniao;camara.2:acordao:2005-08-16;1395>

8.2 Contradições intrínsecas?

Tomando por base o Artigo 3 da lei 8666/93, que orienta sobre a “seleção da proposta mais vantajosa” não há clareza sobre os critérios que devem ser adotados nas compras públicas. O entendimento sobre o que é “vantagem” fica, em geral, a cargo do comprador (o agente público).

O Artigo 45º estabelece os critérios sobre o julgamento:

Art. 45. O julgamento das propostas será objetivo, devendo a Comissão de licitação ou o responsável pelo convite realizá-lo em conformidade com os tipos de licitação, os critérios previamente estabelecidos no ato convocatório e de acordo com os fatores exclusivamente nele referidos, de maneira a possibilitar sua aferição pelos licitantes e pelos órgãos de controle.

Ao se analisar a prática, e as orientações vigentes, observa-se que a vantagem costuma ser decidida sob o critério dos custos. Ou seja, busca-se o menor valor, atribui-se a este único item a vantagem para a administração.

Este mesmo artigo determina também que nas licitações deve-se observar a “promoção do desenvolvimento nacional sustentável”, entretanto o critério pelo “menor preço” nem sempre possibilita investidora no **desenvolvimento através de novas tecnologias**, por exemplo, que podem ser mais custosas durante os primeiros tempos de implantação. Neste sentido pode haver um incentivo à inércia tecnológica.

Para esclarecer a contradição passa-se a um exemplo.

Inversão da lógica

Uma vez compreendida a lógica, sobre a sequência do projeto e obra, e o critério fundamental de contratação, sobre o menor preço, passa-se a discutir o caso relatado em uma das entrevistas⁷².

A contratação e desenvolvimento do projeto para a Escola de Medicina da Universidade Federal de São João Del Rey decorreu a partir de uma Ata de Registro

⁷² Ver seção: **6.2 Entrevista com escritório** de arquitetura

de Preço⁷³ para projetos. Segundo o relato feito havia uma exigência contratual, definida pela ordem de serviços, para que a elaboração do projeto fosse feita em estrutura de concreto armado.

A Lei 8.666/93 determina em seu art. 15, inciso II que as compras, sempre que possível, deverão ser processadas através do sistema de registro de preços. No mesmo artigo, o §3º determina que o sistema será regulamentado por decreto, levando-se em conta as peculiaridades regionais. A Ata de Registro de Preço utilizada para a contratação da UFSJ havia sido elaborada, originalmente, pela Universidade Federal de Minas Gerais, ou seja, os itens de contratos definidos estavam estudados para o contexto da UFMG.

Através de um instrumento chamado “carona”⁷⁴ em registro de preço, a UFSJ pôde se utilizar dos mesmos itens daquele contrato. Desse modo, a utilização do saldo de projetos, previstos em contrato, se limitava a tipos de tecnologias determinados anteriormente, sem considerar o contexto da UFSJ.

Segundo o arquiteto entrevistado, o anteprojeto foi elaborado com base unicamente na exigência tecnológica de contrato, **não havendo uma justificativa técnica para esta opção construtiva**. Entretanto, no decorrer do processo de projeto, verificou-se que seria vantajoso adotar um sistema construtivo industrializado (no caso o concreto pré-fabricado) para a execução da Escola de Medicina. Neste relato observa-se que houve a inversão da lógica natural no desenvolvimento de projeto.

*IX - Projeto Básico - conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, ou complexo de obras ou serviços objeto da licitação, **elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que assegurem a viabilidade técnica** e o adequado tratamento do impacto ambiental do*

⁷³ O Sistema de Registro de Preços é uma forma de contratação pública que se dá a partir de uma intenção de contratação. É feito a partir de um Termo de Referência que descreve o objeto e as condições a serem contratadas. Pode ocorrer a partir do pregão eletrônico. Referência, 05/05/2015:

<http://www.cgu.gov.br/Publicacoes/auditoria-e-fiscalizacao/arquivos/sistemaregistroprecos.pdf>

⁷⁴ A “carona” em uma ata de registro de preços é um recurso que permitia a adesão de uma entidade pública em um processo de compra por Sistema de Registro de Preço. Mesmo que não tenha participado da compra inicialmente. Este recurso oferece agilidade na contratação pública.

*empreendimento, e que possibilite a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução, (...)*⁷⁵

8.3 Considerações desta seção

A legislação de licitações é tema amplamente discutido. A utilização do erário é de interesse de todo o país. Os órgãos de controle são atuantes e regulam a forma de aplicação da lei, como demonstrado através do acórdão 1.395/2005 do TCU.

Pode-se entender, a partir das discussões desta seção, que o critério usado nas compras "por menor preço" dificulta a introdução de novas tecnologias, pois essas costumam ser mais onerosas num primeiro momento. Pondera-se, entretanto, que poderiam trazer melhoras no desempenho e ganhos secundários em projetos, obras e edifícios instalados (como na menor manutenção, por exemplo).

Acrescenta-se o fato de que o projeto e o dimensionamento executivo das estruturas em concreto pré-fabricado são realizados pelos fornecedores. O que é inviabilizado pela sequência **projeto → licitação → obra**.

⁷⁵ Trecho da redação do artigo 6 da lei de licitações 8666/93. Grifo meu.

9 SIMULAÇÃO PROJETUAL

Nesta seção será apresentado o exercício projetual no qual serão simuladas as repercussões da troca do sistema construtivo, para o pré-fabricado, do anteprojeto arquitetônico da Nova Faculdade de Direito para o câmpus Pampulha da UFMG, que foi concebido originalmente em concreto moldado no local.

Partimos da premissa que nosso objeto, o anteprojeto da FAD, é o resultado da concepção arquitetônica submetida a inúmeros intervenientes processuais normais.

Procuramos analisar como a introdução do sistema pré-fabricado repercutiria em uma arquitetura já concebida, quais seriam essas repercussões e quais seriam as perdas ou ganhos. Os pontos de partida e as questões colocadas são:

1. A concepção é um processo de criação com todos seus intervenientes normais.
2. A escolha do sistema construtivo é um dos intervenientes desse processo.
3. Faz parte dessa simulação, tentar dissociar o sistema construtivo da concepção.
4. Ao separar o sistema construtivo da concepção, e modificá-lo, o que acontece?

Sob esse ponto de vista podemos comparar a simulação a um experimento biológico, no qual se retira um gene de uma cadeia de cromossomos e troca-o por outro. O cientista passa a observar qual o resultado obtido em comparação com o original. O jogo de tangram também nos serve de representação. As peças soltas são os intervenientes à espera de serem equilibrados para formar a figura. As peças em destaque representam a parte específica que tentamos isolar, trocar e analisar.



Esta simulação é, sobretudo, qualitativa. Observaremos a geometria dos elementos e a conformação arquitetônica predial. A dimensão das peças está baseada no pré-

dimensionamento dos fabricantes e na literatura consultada. Uma análise quantitativa, com o cálculo das peças, volumes de concreto e outros materiais, apesar de ser igualmente importante, caberia noutra estudo de maior fôlego.



Figura 78. Visada sudoeste para Nova Faculdade de Direito da UFMG

Fonte: (DPFP, 2010)

9.1 Procedimentos metodológicos da simulação projetual

Para o desenvolvimento deste exercício serão adotadas três etapas:

1. Caracterização do anteprojeto da Nova Faculdade de Direito. **Seção 9.3.**
2. Simulação através dos desenhos de arquitetura. Com as hipóteses. **Seção 9.4.**
3. Discussão dos resultados observados. **Seção 9.5.**

O desenho da simulação se dará a partir da tipologia típica de Belo Horizonte, em ciclo aberto, conforme descrito na Seção 3 (O PRÉ-FABRICADO E O CONTEXTO DE BELO HORIZONTE). A partir das observações dessa adaptação poderão ser propostas pequenas modificações nas peças catalogadas para melhorar o desempenho. Se for observada a necessidade de uma terceira alternativa, esta será discutida, mesmo que não seja adotada tradicionalmente pelos fornecedores.

Ou seja, serão admitidas três possibilidades na investigação em relação às peças catalogadas: a substituição dos elementos pura e simplesmente, substituição com pequenas adaptações nas peças, pré-fabricação total (novas peças).

Critérios da adaptação, em respeito da arquitetura proposta.

- Manter os arranjos funcionais em planta e volume.
- Manter o quantitativo de área construída.
- Manter os afastamentos e volumetria definidos na arquitetura original.
- Manter funções infraestruturais (sanitários, subestações, reservatórios, etc.).

9.2 Objetivos da simulação

Verificar as repercussões da troca do sistema construtivo no projeto de arquitetura.

Verificar o desempenho da edificação frente ao sistema catalogado.

Discutir a viabilidade de utilizar peças catalogadas e a pré-fabricação total.

Discutir as condições de canteiro e viabilidade de execução industrializada.

Discutir em que medida as exigências da arquitetura poderia fazer evoluir a indústria de pré-fabricados com a introdução de novas soluções.

9.3 Caracterização do anteprojeto da Nova Faculdade de Direito

9.3.1 Aspectos históricos e o ensejo para o projeto

A Faculdade de Direito, FAD, foi originalmente instalada no centro de Belo Horizonte desde 1898, quando houve a transferência de Ouro Preto para a nova capital.

Sediada inicialmente em dois endereços diferentes, se estabeleceu definitivamente junto à Praça Afonso Arinos em 1901. Em 1958 o prédio original foi derrubado e substituído por três outros prédios: o Edifício Professor Villas-Bôas, o Edifício Professor Valle-Ferreira (1990) e o Edifício-sede da Biblioteca (1998); conforme imagem a seguir.



Figura 79. Faculdade de Direito junto à Praça Afonso Arinos

Fonte: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=572106&page=10>. Junho de 2015.

A partir da definição, em 2007, da transferência das instalações físicas da Faculdade de Direito da UFMG, para o câmpus Pampulha foi determinado ao Departamento de Planejamento Físico e Projetos⁷⁶ a tarefa de conceber o novo conjunto em conformidade com as necessidades apresentadas pela comunidade da FAD e pelo Plano Diretor⁷⁷ de ocupação do câmpus.

Tradição de planejamento

A UFMG possui reconhecida tradição em planejamento. Desde sua fundação os órgãos de planejamento são mantidos e desenvolvem projetos de arquitetura e de urbanismo para ocupação ordenada dos territórios.

Um pequeno apanhado desse histórico permite-nos entender a relação da Nova Faculdade de Direito com as tradições arquitetônicas da UFMG e seus intervenientes relativos.

⁷⁶ O DFPF é o órgão responsável, à época de concepção do projeto da Nova FAD, pelos projetos arquitetônicos e planejamento urbanístico dos *campi* da Universidade. Este órgão possui grande tradição no planejamento universitário e tem suas origens relacionadas ao Escritório Técnico criado à época da implantação da Cidade Universitária em Belo Horizonte (atual *Campus Pampulha*) nas décadas de 1940 e 1950.

⁷⁷ O Plano Diretor da UFMG é regido pela resolução Nº 08/2009, de 16 de junho de 2009; em que são parametrizadas as edificações e as formas de uso do *Campus Pampulha*.

As discussões sobre a criação de uma *Cidade Universitária*, que congregasse todas as escolas da Universidade, foram iniciadas em 1927, ano da criação da própria instituição universitária. As primeiras hipóteses de formação da *Cidade Universitária* foram propostas para a região central de Belo Horizonte, desenhadas por Eduardo Pederneiras, em 1929. Entretanto em 1940 é escolhido o sítio definitivo, na antiga Fazenda Dalva, localizado no bairro símbolo de modernidade, a Pampulha, afastado do centro (STARLING e DUARTE, 2009).

Eduardo Pederneiras desenvolveu, entre 1943-1955, os estudos para o novo local, o chamado *Plano Pederneiras*. Em 1951 um manifesto do Instituto dos Arquitetos do Brasil contra o *Plano Pederneiras* estimulou a Universidade a adotar uma nova estratégia de planejamento. Em 1955 é formada a comissão para elaborar um novo plano para a cidade universitária, em 1956 é criado o Escritório Técnico, coordenado pelo Professor Eduardo Mendes Guimarães Júnior. Em 1962 é construída a Reitoria, marco da arquitetura modernista mineira, e marcou o início da ocupação do câmpus.

Nesta mesma época foram elaborados, pela equipe do Escritório Técnico, os projetos para o complexo esportivo que incluía o estádio universitário (1958), hoje o Estádio do Mineirão. (FIALHO, 2012)



Figura 80. Maquete Reitoria UFMG (1962)

Fonte: <http://www.arg.ufmg.br/modernismomg/fichaobra/obras.php?obra=29>. Junho 2015.

Em 1969, aprova-se um plano para ocupação em longo prazo, denominado: *Plano Cordeiro*. Neste, havia a proposta de arruamentos e a ideia para ocupação das edificações. Em 1970 a equipe de planejamento publica *O Território Universitário*, e em 1974 o *Proposta Para Um Sistema Ambiental*. Nestas publicações estão as estratégias de ocupação territorial e de conformação ambiental dos edifícios. (MALARD e MACIEL, 2012)

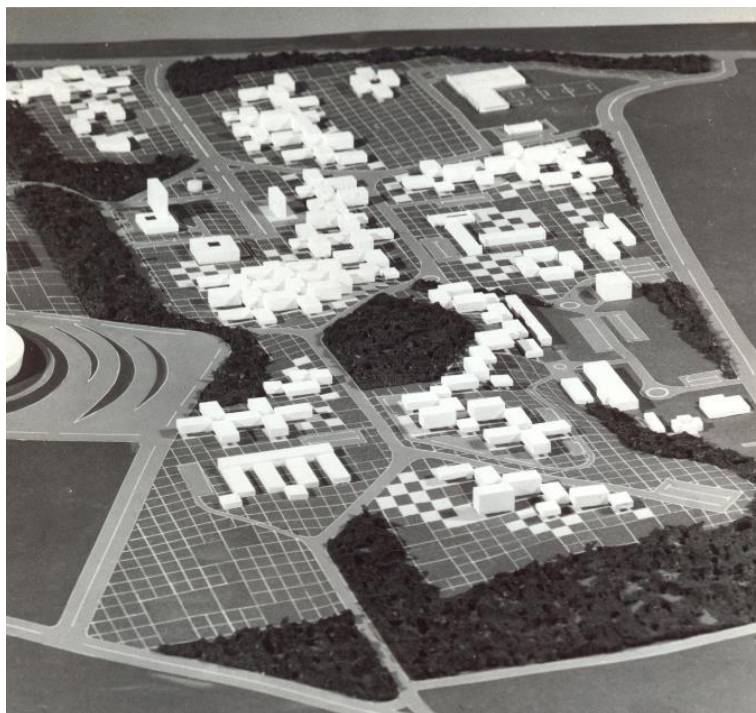


Figura 81. Plano Cordeiro, ocupação da UFMG (1969)

Fonte: Centro de Informação Técnica da UFMG

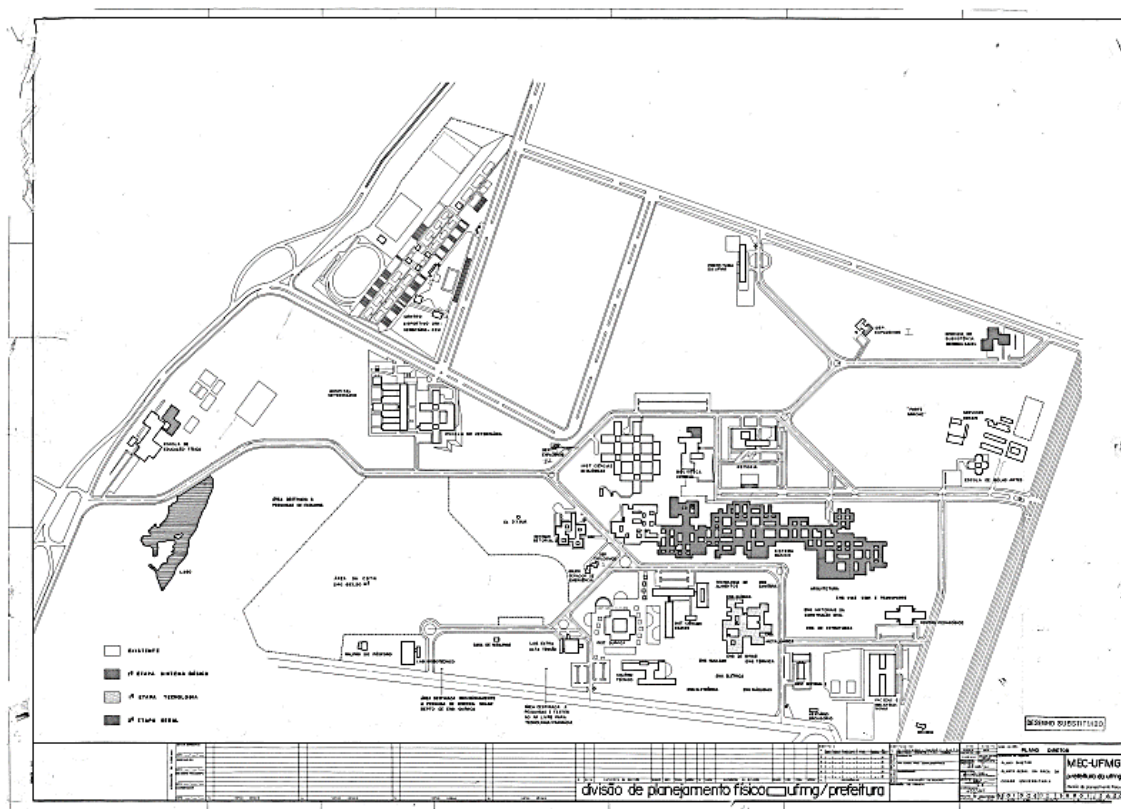


Figura 82. Consolidação Plano diretor da universidade 1979

Fonte: junho de 2015.

https://www.ufmg.br/proplan/wp-content/uploads/2015/05/1979_plano_diretor_cidade_universitaria.pdf

Os prédios universitários estavam propostos a partir de uma modulação de eixos dispostos em quadricula de 1,24 x 1,24m, com uma lógica de crescimento espacial gradativo. A ocupação estava aberta a alterações conforme demanda dos usuários, com alta flexibilidade, em uma planta livre. A funcionalidade foi definida a partir de um meta-projeto que ordenava as espacializações. (MACIEL, 2011)

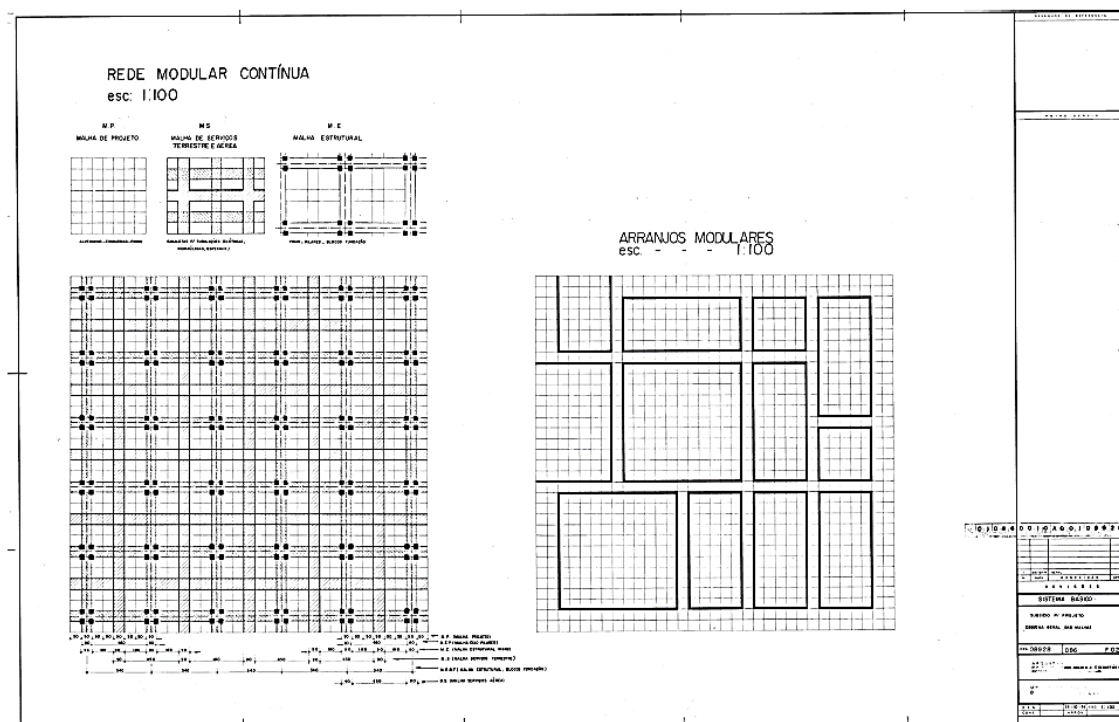


Figura 83. Esquema modular da segunda geração do Sistema Básico, 1974

Fonte: (MACIEL, 2015, p. 176)

Família de edifícios do câmpus 2000

O conjunto de edifícios que foram concebidos para a continuidade de ocupação do território universitário ocorreu por ocasião do projeto **câmpus 2000**, no fim da década de 1990 e princípio de 2000.

Nesse processo uma nova família de edifícios foi organizada, que influenciou também na concepção da Faculdade de Direito⁷⁸.

⁷⁸ Ver seção 4, que descreve o projeto do campus 2000.

9.3.2 O projeto para a Nova Faculdade de Direito

O processo de concepção para a FAD está descrito na seção A CONCEPÇÃO NO CONTEXTO DESTE ESTUDO, foi desenvolvido por uma equipe de arquitetos, conforme tradicionalmente é feito no planejamento do espaço físico da UFMG.

Os dados aqui apresentados foram consultados em: **relatório de levantamento e demais dados** (DPFP, 2009), **caderno de apresentação do anteprojeto** (DPFP, 2010), **caderno de diretrizes construtivas e desenhos técnicos** (DPFP, 2013), entrevista com o arquiteto **Geraldo Ângelo Silva Dinho**, um dos responsáveis técnicos pela concepção.

O conjunto arquitetônico é conformado por cinco blocos principais. Quatro deles com três pavimentos corridos mais o pilotis, e o quinto bloco, atípico, conformando o auditório. As conexões entre os blocos ocorrem por passarelas de estrutura metálica. A área total da edificação projetada é de 25.500m².



Figura 84. Visada completa do conjunto FAD

Fonte: (DPFP, 2013)

Os blocos estão concebidos em sistema de concreto moldado no local, com as lajes sem vigamentos aparente em concreto protendido. Os andares são divididos internamente por dry-wall em salas secas (aulas, seminários, etc.) e vedados externamente por uma telha metálica ondulada e trechos de concreto aparente.

O bloco do auditório possui o vigeamento invertido, com vigas pré-dimensionadas em 115cm de altura. As lajes, de todos os blocos, estão pré-dimensionadas em 25cm. Os pilares têm seção retangular de 90x25cm, em concreto aparente, e alguns pilares do auditório e do piloti têm seção redonda.⁷⁹

Segundo o **memorial descritivo**⁸⁰ os pressupostos projetuais foram ressaltados em três pontos: reconhecimento do sítio (limites, percursos e conexões), interpretação do programa elaborado a partir das demandas (visando alta flexibilidade espacial) e a busca pela organização construtiva a partir dos elementos e sistemas que são tradicionalmente usados nos prédios do câmpus⁸¹.

A solução plástica decorre das opções adotadas para a construção. Estrutura em modulação de 780cm, as fachadas longitudinais (norte-sul) voltam-se para jardins internos, com lajes conformando marquises de proteção solar. Perpendicularmente às estruturas principais, estão dispostas as passarelas de ligação. As fachadas menores, para melhor controle da radiação solar, são predominantemente fechadas. Com aberturas estratégicas para permitir ventilação cruzada ou para permitir visibilidade para o bosque. (DPFP, 2010)

O sistema estrutural portante é independente do sistema de vedação, que conforma as fachadas e as divisões internas (característica importante que será considerada na simulação).

Na imagem a seguir, ressaltamos as linhas de modulação estrutural que podem ser observadas pela imagem da maquete eletrônica.

⁷⁹ Para efeito deste estudo adotaremos os valores de pré-dimensionamento. Admitindo que os projetos estruturais têm flexibilidade para ajustes necessários.

⁸⁰ Memorial descritivo do projeto arquitetônico, DPFP agosto de 2010.

⁸¹ A partir da observação dos edifícios do câmpus Pampulha nota-se que há um predomínio da construção em concreto moldado no local, assim como a tradição construtiva no restante da cidade. São algumas exceções como a faculdade de odontologia, em estrutura metálica, ou a Unidade Administrativa II, em pré-fabricado, que é um edifício pequeno de dois pavimentos. Segundo (MALARD e MACIEL, 2012) algumas famílias de edifícios podem ser destacadas como o **Sistema Básico** e as unidades do **Câmpus 2000**. Essas últimas, as construções mais contemporâneas, também concebidas em sistema construtivo convencional (concreto moldado e alvenarias).

A modulação fica aparente nas fachadas norte e sul. Sinalizamos também a sequência de pilares das marquises do pilotis (junto ao auditório).

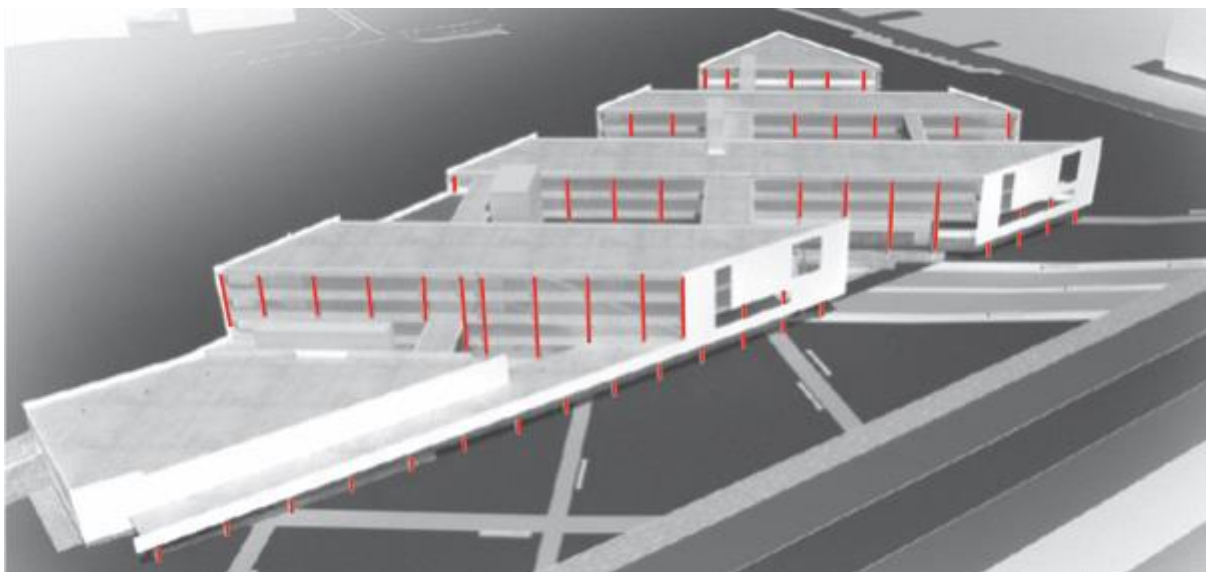


Figura 85. Destaque para a modulação de pilares

Fonte: (DPFP, 2013). Editado pelo autor.

As vedações externas estão propostas em painéis de telha ondulados, pequenos trechos de concreto aparente. Nas passarelas de ligação as vedações laterais são em tela de chapa de alumínio expandida.

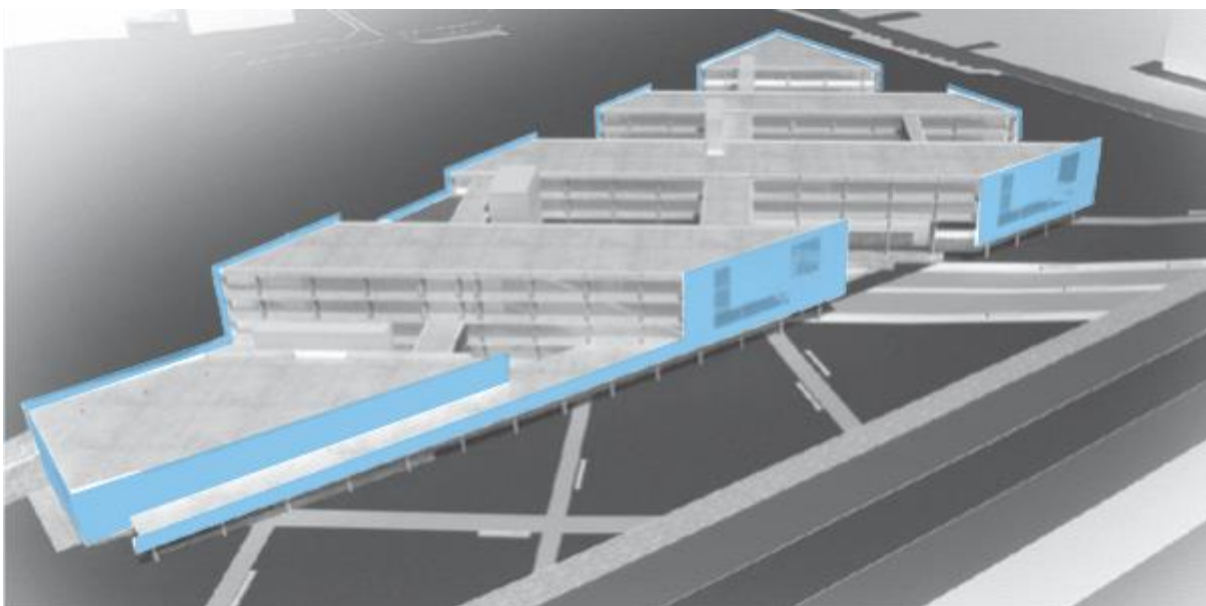


Figura 86. Destaque para as fachadas com telha ondulada

Fonte: (DPFP, 2013). Editado pelo autor.

As esquadrias, localizadas nas fachadas norte e sul dos quatro blocos de pavimento corridos, têm peitoril de placa cimentícia, até meia altura, e vidro nas janelas.

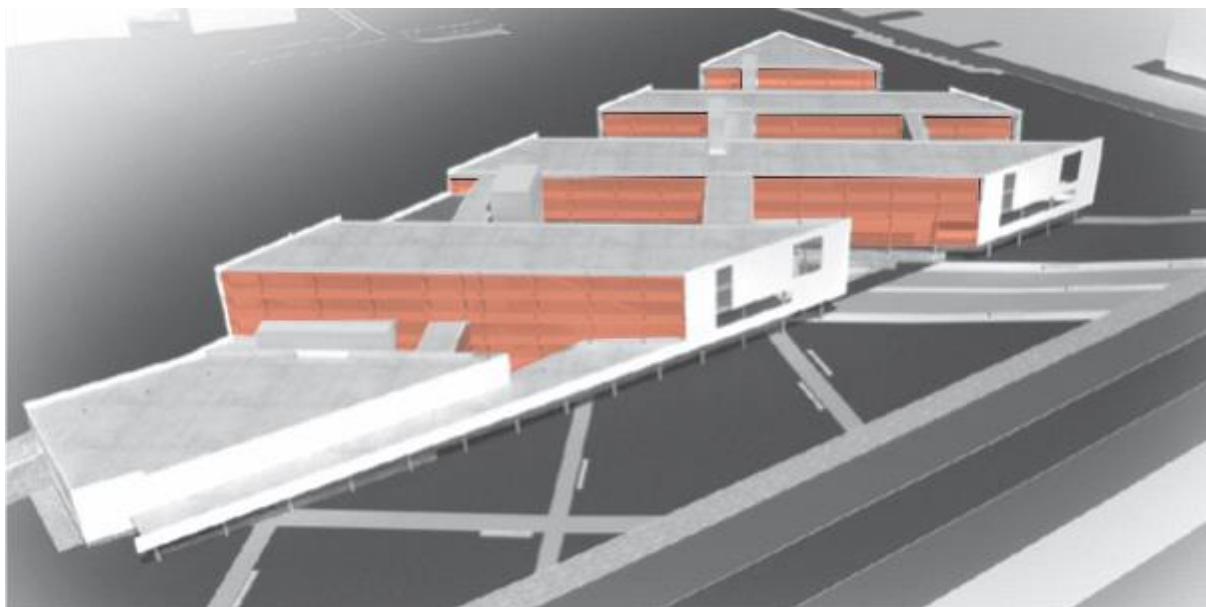


Figura 87. Destaque para as fachadas sul com esquadrias

Fonte: (DPFP, 2013). Editado pelo autor.

Os eixos estruturais estão definidos a cada 780cm ao longo da extensão dos blocos. Entre os pilares estão confinadas esquadrias. Os pilares conformam nichos de 90cm de profundidade, essa geometria é importante para a o contexto arquitetônico, pois é nesse local que estão instaladas a marquise e os brises (ver corte).

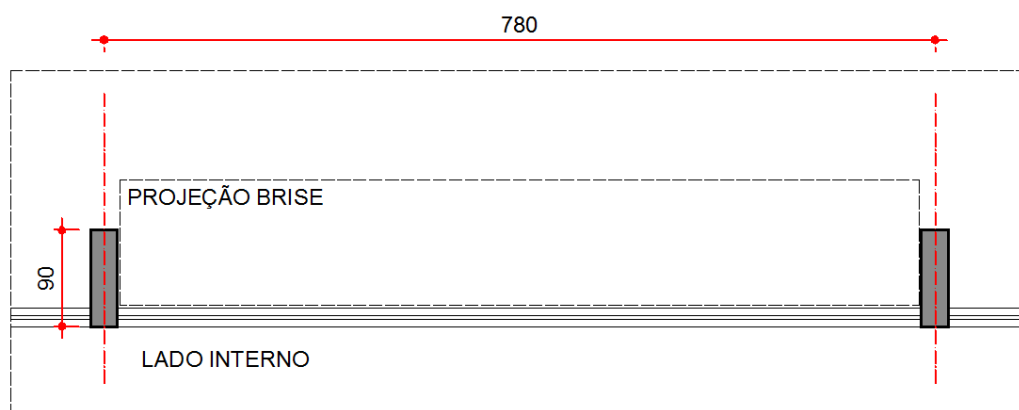


Figura 88. Esquema da fachada norte em planta, modulação estrutural típica

Imagem do autor (2015)

A estrutura dos blocos pode ser entendida a partir do corte transversal, a seguir.

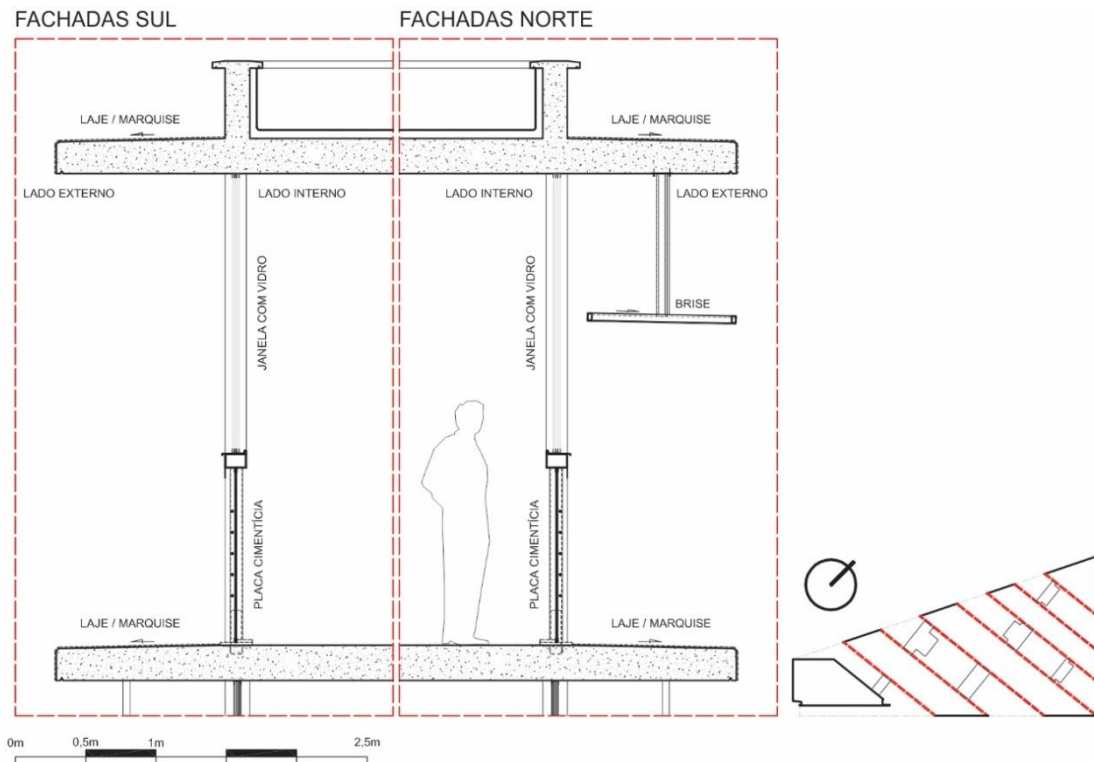


Figura 89. Corte transversal dos Blocos 02, 03, 04, 05

Imagem do autor (2015)

Através da análise deste corte típico, que mostra a vedação das fachadas norte e sul, observa-se como são compostas de um peitoril de placa cimentícia até altura média e uma esquadria com vidro até o restante do pé-direito. A laje estende-se para além do limite da esquadria, conformando uma marquise, por onde se prende o brise atirantado, na fachada norte.

Tais elementos, conforme descrito anteriormente e demonstrado nos desenhos, são partes integrantes da concepção do edifício e definem a arquitetura em seus aspectos de uso, funcionais (organização espacial pela modulação, qualidade ambiental, controle de solar e ventilação) e formais/estéticos (geometria e volumetria).

O **local de implantação** foi definido desde a aprovação do plano diretor do câmpus Pampulha (resolução 08/2009 do Conselho Universitário).

Conforme indicado na planta a seguir, está limitado pela Avenida Mendes Pimentel, à frente; pelo canal de drenagem existente, aos fundos; ao setor das artes, lateral

leste; pequeno bosque na lateral oeste. O formato da implantação é, portanto, consequência direta dos limites físicos (limites naturais e canal de drenagem) e legais (definição de setorização do plano diretor do câmpus).

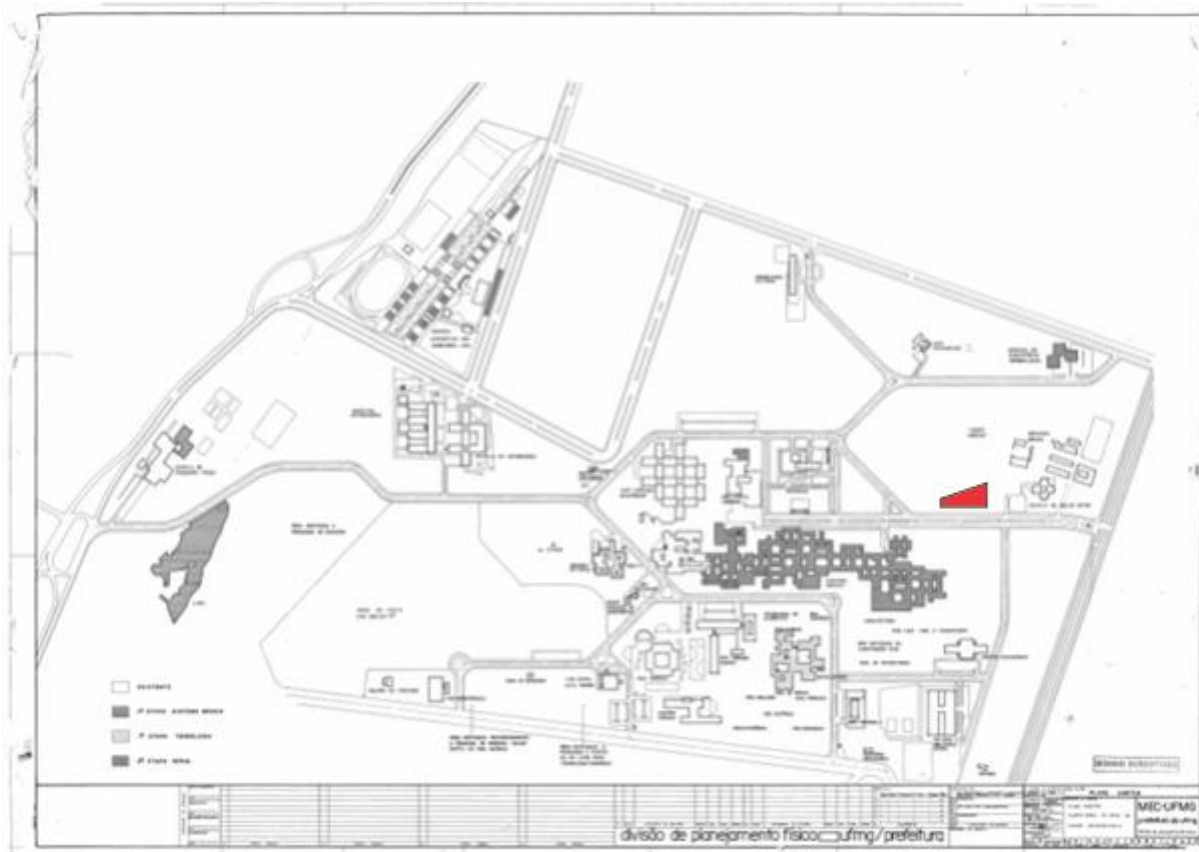


Figura 90. Localização da FAD em relação ao câmpus

Fonte: junho de 2015. Editado pelo autor a partir da imagem do site da Proplan. NORTE no topo da folha. https://www.ufmg.br/proplan/wp-content/uploads/2015/05/1979_plano_diretor_cidade_universitaria.pdf

Ainda com base no memorial descritivo (DPFP, 2010), a **interpretação do programa de necessidades** permitiu a ordenação dos usos previstos a partir das seguintes ações: priorizar as ocupações públicas no térreo, liberando os pavimentos superiores para atividades mais privadas e tranquilas; estruturar a edificação através de aberturas norte-sul, permitindo melhor controle de incidência solar nas áreas internas; organizar as atividades a partir de um eixo principal de circulação; distribuir as áreas de circulação vertical e os sanitários em pontos estratégicos de convergência e de fácil visibilidade.

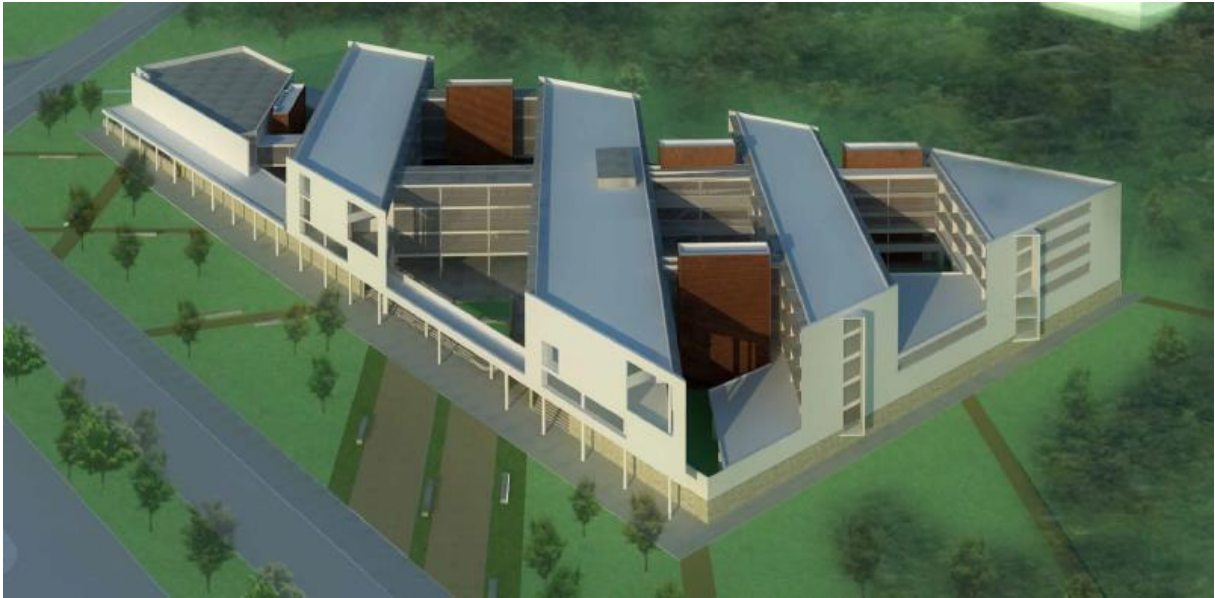


Figura 91. Visada sudeste para Nova Faculdade de Direito da UFMG

Fonte: (DPFP, 2010)



Figura 92. Visada do piloti e da passarela de ligação

Fonte: (DPFP, 2013)

9.4 Simulação através dos desenhos de arquitetura

Para o desenho da simulação serão adotadas as seguintes etapas.

- **ETAPA 01.** Dados iniciais e constatações arquitetura.
- **ETAPA 02.** Simulação, hipóteses e decisões de procedimento.
 - Hipótese para os blocos típicos
 - Hipótese para o auditório
 - As condições de canteiro e a viabilidade de execução

9.4.1 **ETAPA 01.** *Dados iniciais e constatações arquiteturas*

Uma vez caracterizado o objeto de estudo, anteprojeto da FAD, temos as seguintes **constatações relevantes** para substituição do sistema construtivo:

1. O projeto foi concebido numa modulação, pilares a cada 780cm (numa direção);
2. As vedações (internas e externas) são independentes da estrutura;
3. A constatação acima é conveniente ao sistema de construção industrializada;
4. O projeto original não conta com vigamentos intermediários;
5. Os pilares são parte atuante da forma e funcionalidade (desempenho ambiental);
6. O projeto conta com recorrência de elementos, por conta dos blocos típicos;
7. As passarelas de conexão, metálicas, podem ser consideradas industrializadas;
8. O sistema construtivo é, mormente, industrializado, exceto a estrutura portante;
9. A constatação acima possibilita-nos idealizar a obra totalmente industrializada;
10. Identificou-se que existem dois elevadores internos aos blocos (furos na laje);
11. Os pilares, 25x90cm, podem ser mantidos na mesma dimensão no pré-fabricado.

As vedações internas, o fechamento externo da fachada, brises e as esquadrias são em sistemas construtivos secos, industrializados: dry-wall, telha ondulada e peças em alumínio que chegam prontas à obra.

Para a produção dos desenhos apresentados a seguir, usei a base digital do projeto, em CAD, disponibilizado pela UFMG. Desenvolvi a simplificação das plantas, para

formatos de diagramas coloridos, de maneira a facilitar o entendimento das hipóteses de adaptação discutidas.

Identificamos os cinco blocos que definem o conjunto, que passam a ser designados por: **B1**, **B2**, **B3**, **B4**, **B5**. Conforme imagem a seguir.

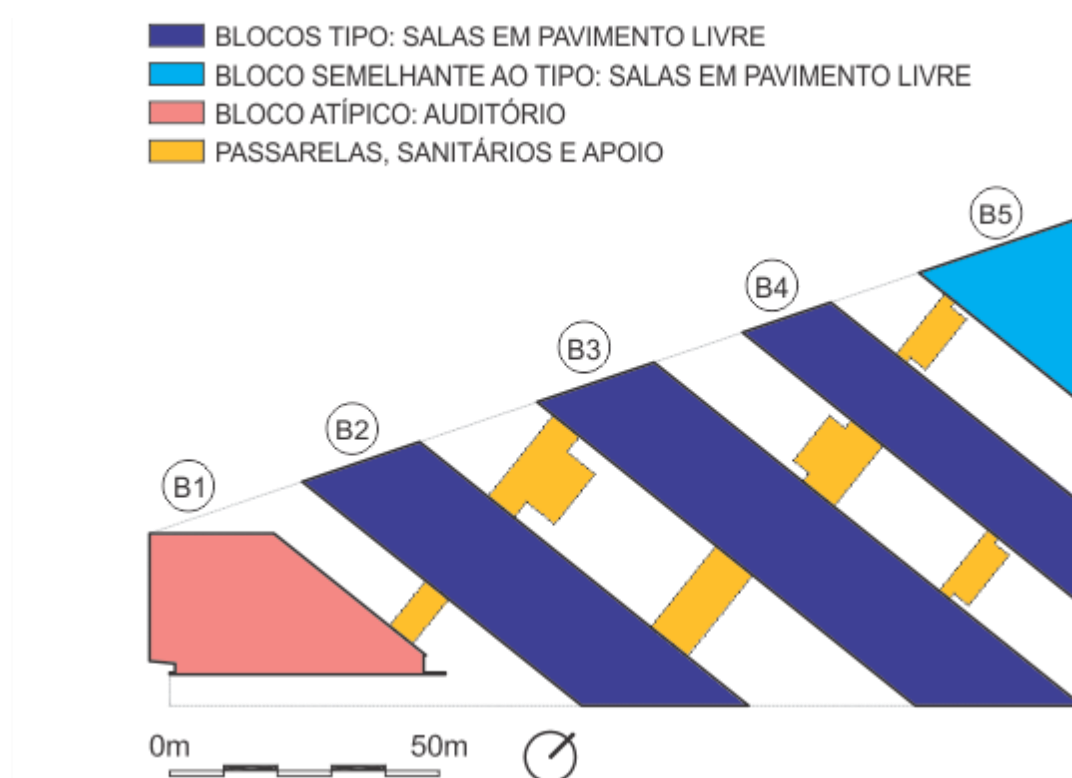


Figura 93. Diagrama geométrico e funcional
Imagem do autor (2015)

O diagrama acima destaca:

B2, **B3**, **B4** em formato de losango, conformação volumétrica pavilhonar, são semelhantes entre si e possuem planta livre.

B5 se difere dos anteriores por ter planta triangular.

B1 é atípico, abrigando o auditório. Os demais seis blocos correspondem às prumadas e passarelas de ligação.

9.4.2 ETAPA 02. Simulação, hipóteses e decisões de procedimento

A primeira hipótese investigada corresponde à utilização do sistema pré-fabricado catalogado, puro e simples, como registrado no mercado de pré-fabricados em Belo Horizonte. Quando a introdução da peça catalogada, pura e simples, gerar desconformidade com a arquitetura original, discutiremos possíveis adaptações. Quando não for possível fazer pequenas adaptações das peças catalogadas, discutiremos a pré-fabricação total, com a proposição de um desenho de peças diferente do que está catalogado pela indústria.

9.4.2.1 Hipótese para os blocos típicos – B2, B3, B4, B5

Em **B2, B3, B4, B5** ocorre o seguinte:

Pilares

Os pilares em seção retangular e circular podem ser mantidos conforme o projeto original. Os acabamentos finais podem ser mantidos em concreto aparente.

A modulação estrutural poderá ser alterada de 780cm para 750cm, sem prejuízo para a funcionalidade, desempenho ou grande alteração na aparência do edifício.

A dimensão de 750cm é adequada pois é múltiplo de 125cm. Dessa maneira podem ser usadas seis faixas de lajes sem cortes, conforme catálogo.

Nas extremidades dos blocos seria necessária a atenção especial, demandando execução de pilares atípicos para a construção da geometria original.

Lajes

As lajes mais usuais são as alveolares protendidas em faixas modulares de 125cm. Esta solução será adotada nos pavilhões típicos. Haverá a necessidade de criar apoios para as lajes.

Vigamentos

No projeto original não há previsão de vigamentos internos ou perimetrais. Entretanto, para o sistema típico de Belo Horizonte, os suportes são necessários. Usam-se vigamentos travados por suportes nos pilares (exemplo: dente gerber ou trapezoidal).

Modulação do projeto original a cada 780cm

O desenho a seguir servirá para melhor entendimento da adaptação das lajes. Trata-se da **planta tipo original**, com as modulações originais da FAD (a cada 780cm).

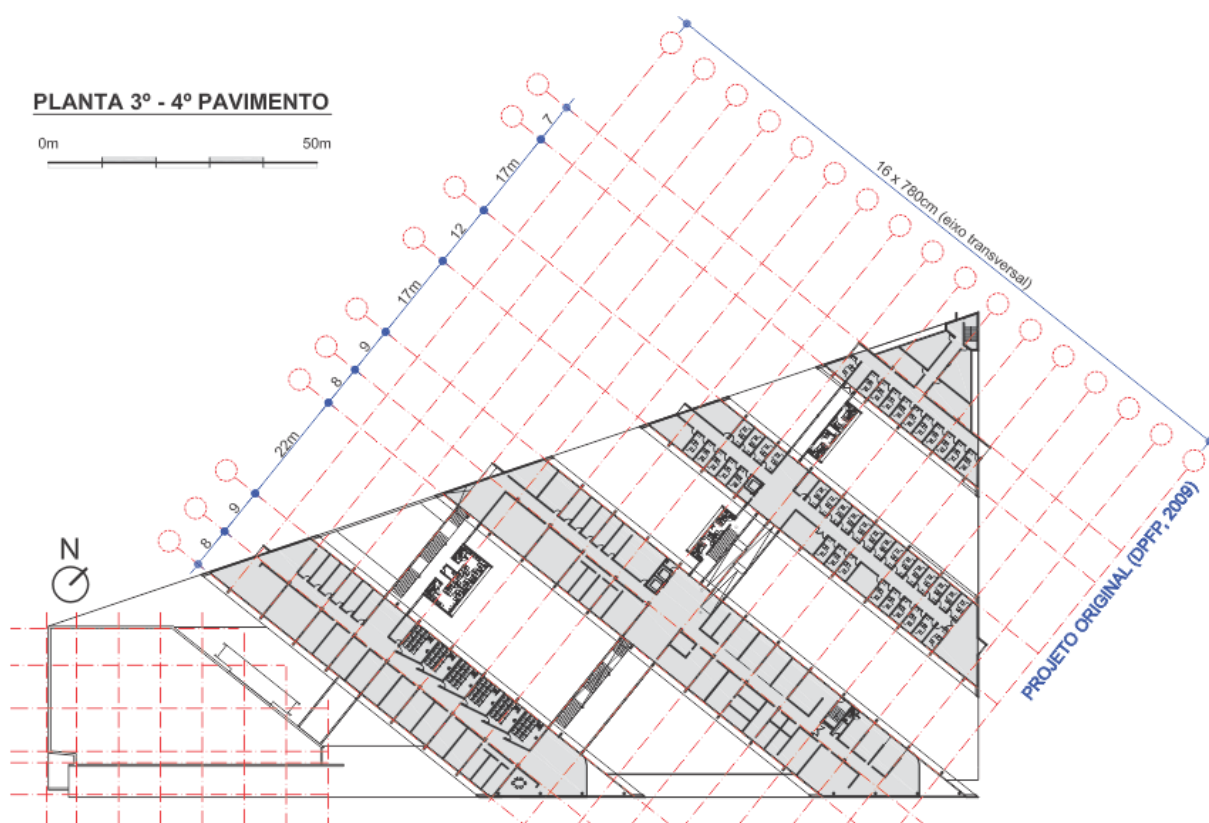


Figura 94. Planta do projeto original do 1º pavimento

Fonte (DPFP, 2013)

A partir do desenho original, definiu-se o alinhamento dos pilares entre os blocos sequenciais e o ajuste dos vãos modulares estruturais para 750cm, apresentado a seguir. Os quatro blocos típicos puderam ser arranjados com as lajes alveolares no dimensionamento na modulação padrão de 125cm. Resultando em 18 módulos estruturais de 750cm.

Modulação do projeto adaptado a cada 750cm e faixas de laje de 125cm

Manteve-se a posição das circulações internas e a área útil total do pavimento. Os blocos de circulação com apoios foram reposicionados em função da nova localização dos eixos de pilares. Verificou-se que isto não acarretou nenhum inconveniente nos arranjos funcionais propostos originalmente.

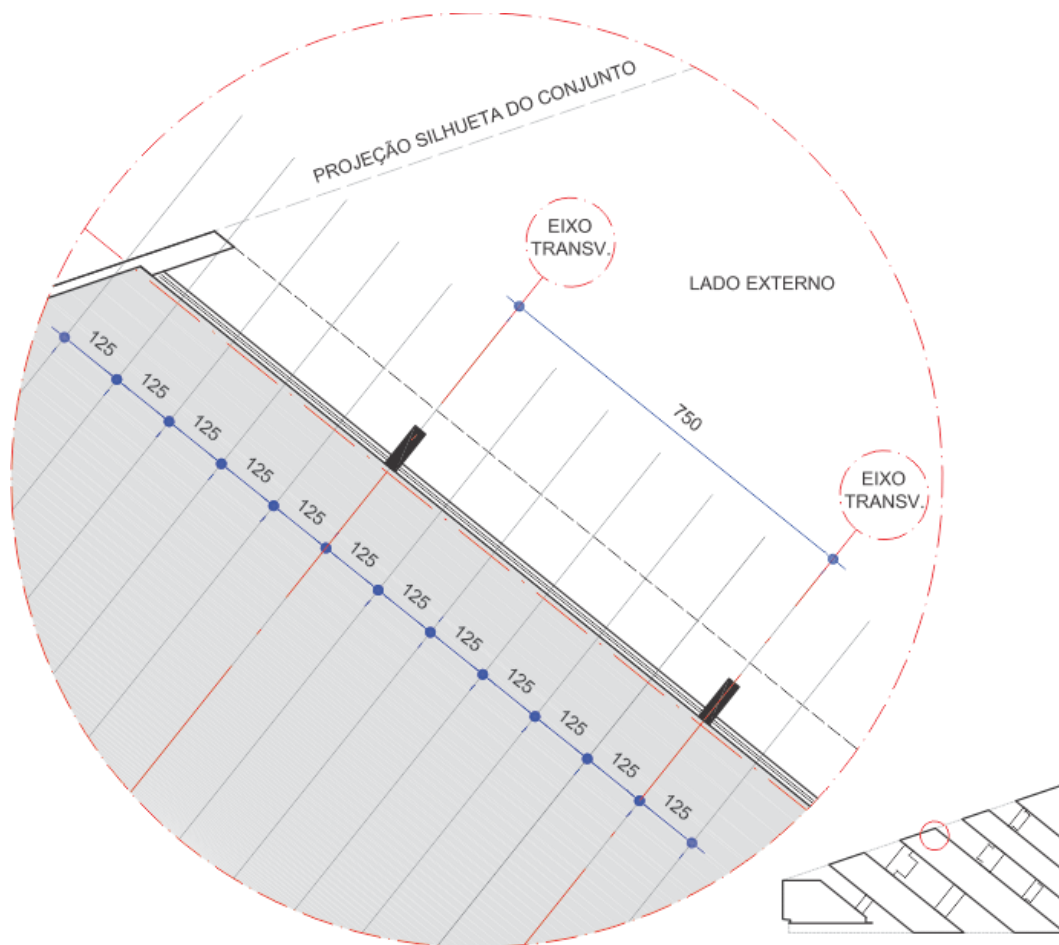


Figura 96. Detalhe das lajes e da modulação

Imagem do autor (2015)

Contabilização das lajes de faixa modular 125cm

Nos desenhos a seguir, apresenta-se a planta dos pavimentos dois, três e quatro com as faixas de lajes alveolares. Neste desenho representam-se as diferenças de lajes em seus seguintes aspectos: quais lajes seriam em faixas completas (com dimensão correspondente ao total do vão) quais deveriam ser recortadas e quais deveriam ser fundidas no local.

As lajes **Tipo A** são biapoiadas, sem recortes, largura de 125cm, na modulação industrializada típica. As lajes **Tipo B** são, com recortes, largura de 125cm. As lajes **Tipo C** são atípicas, podendo ser adotado um padrão moldado no local.

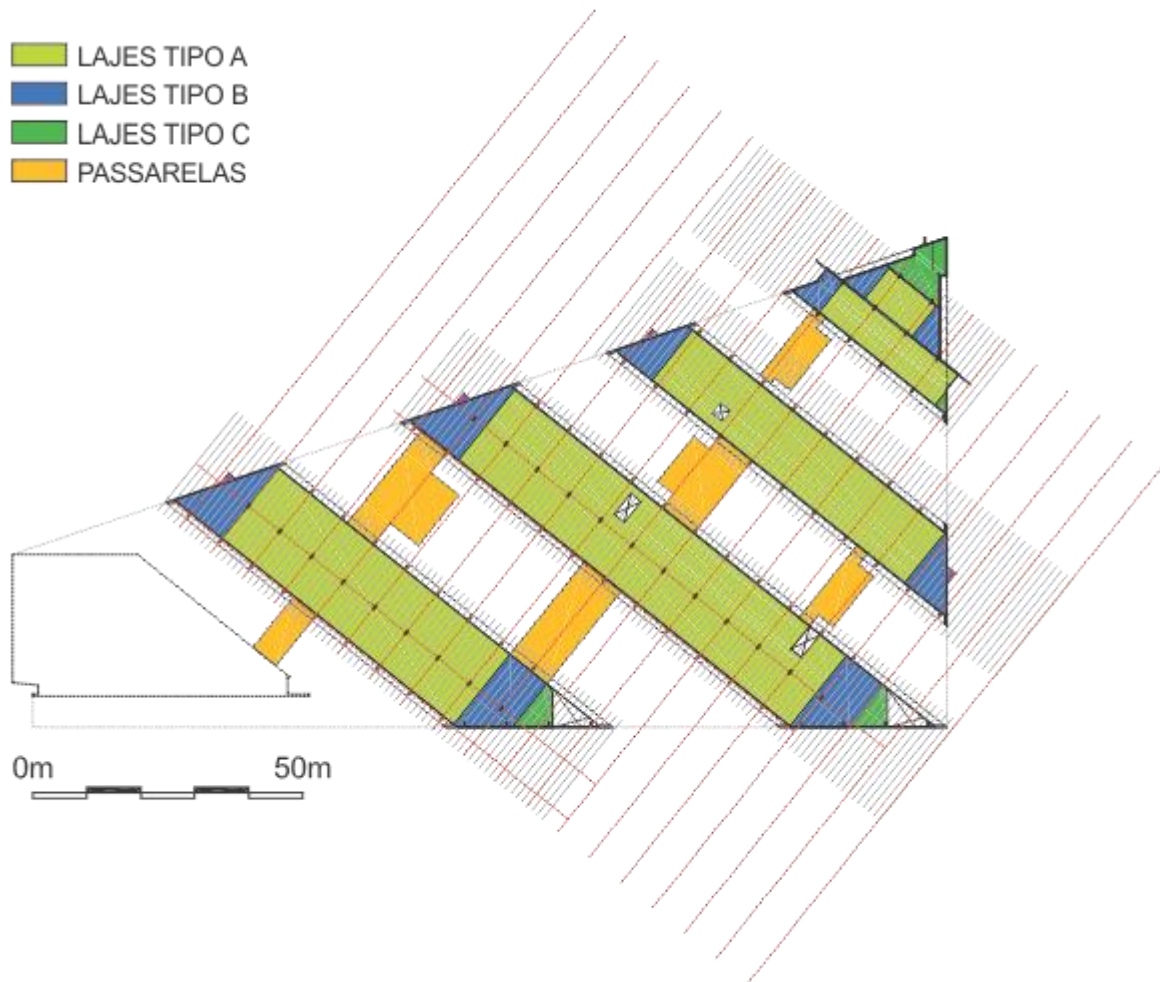


Figura 97. Tipologias de lajes típicas, 3º e 4º pavimento.

Imagem do autor (2015)

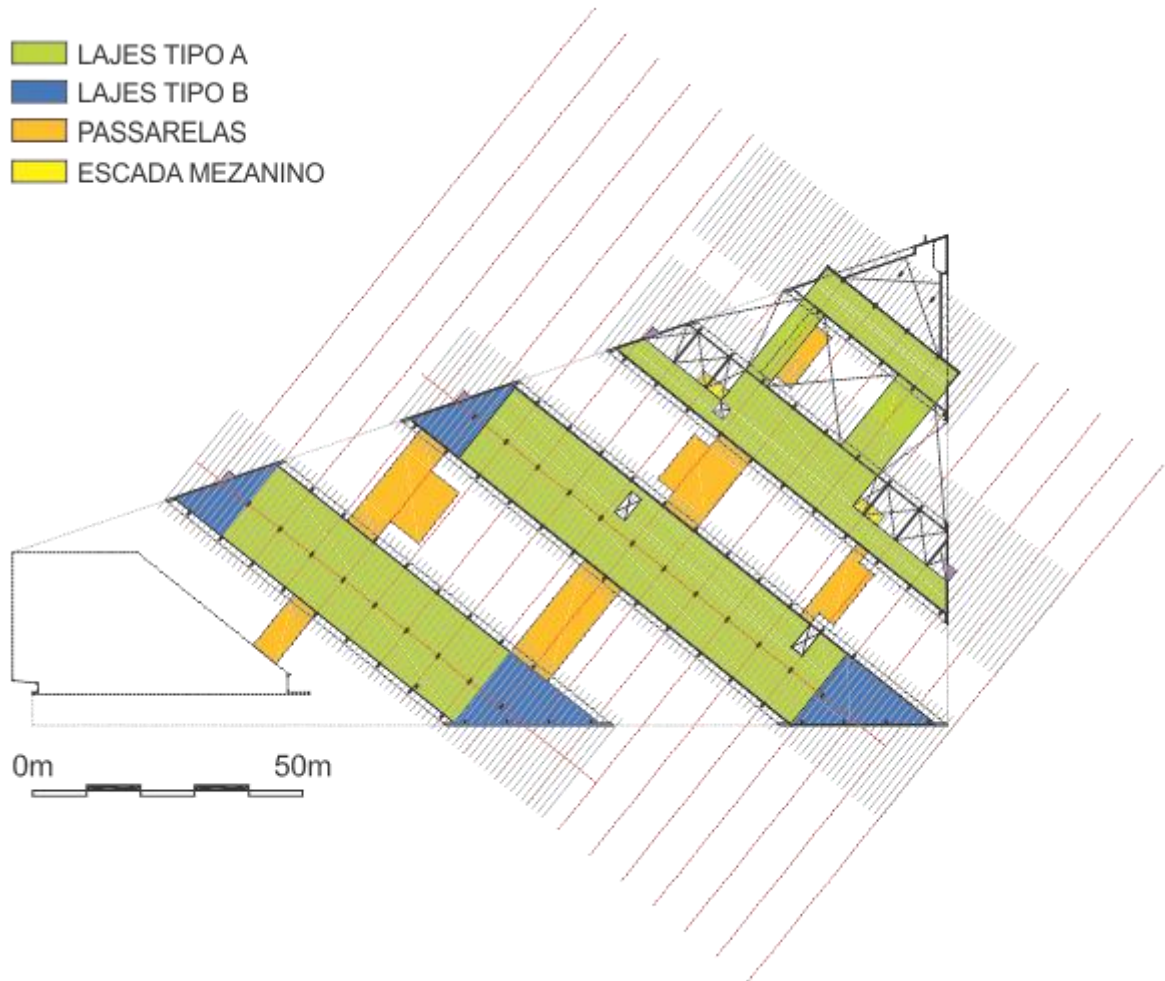


Figura 98. Tipologias de lajes, 2º pavimento.

Imagem do autor (2015)

Por fim, a ordem quantitativa de cada tipo é:

TIPO A	TIPO B	TIPO C
80%	18%	2%

Tabela 9. Ordem comparativa de tipo de lajes nos blocos típicos

Os locais onde, no projeto original, havia a previsão de furos para a passagem de elevadores puderam ser mantidos com o mínimo de ajuste (cerca de 30cm de diferença com o original). Entretanto, seria necessária a execução de pilares auxiliares para a estruturação do elevador. Para a adoção da solução em lajes alveolares, de 125cm, seria necessário contar com **vigamentos nas extremidades** para que pudessem ser biapoiadas. Para isso será necessário à introdução de novo elemento, divergindo do projeto original. Que será demonstrado a seguir.

O problema dos apoios

A proposição original para a FAD é de laje sem vigamentos intermediários. Essa condição se contrapõe ao tipo de estrutura usado nos pré-fabricados de Belo Horizonte, que demandam apoios para as lajes. Dessa maneira seria necessária a introdução de um vigamento, conforme demonstrado no desenho a seguir.

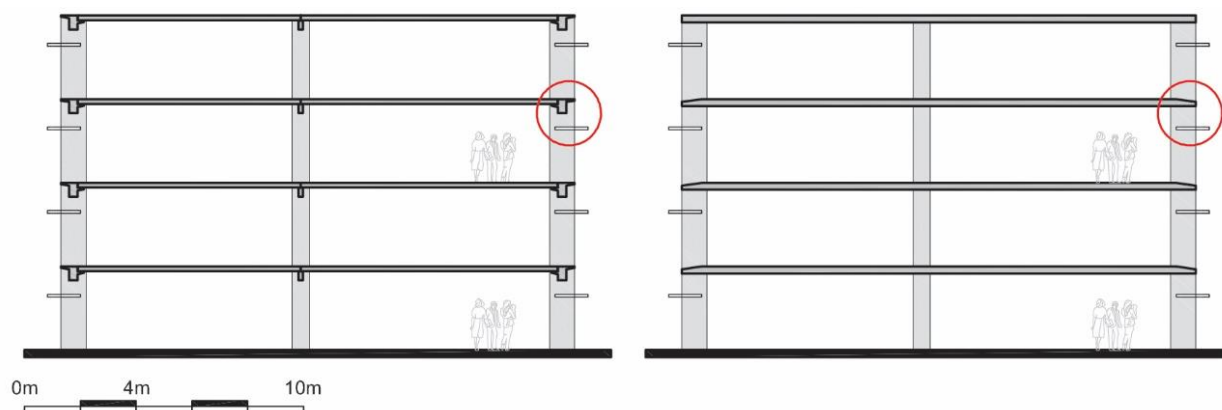


Figura 99. Cortes longitudinais, hipótese versus proposta original

Imagem do autor (2015)

A peça que poderia ser usada, e adaptada, para a conformação desses apoios na nossa hipótese em pré-fabricado seria a viga **I**. Esta peça teria função dupla, como suporte das lajes pelo lado interno da edificação e a manutenção da marquise pelo lado externo.

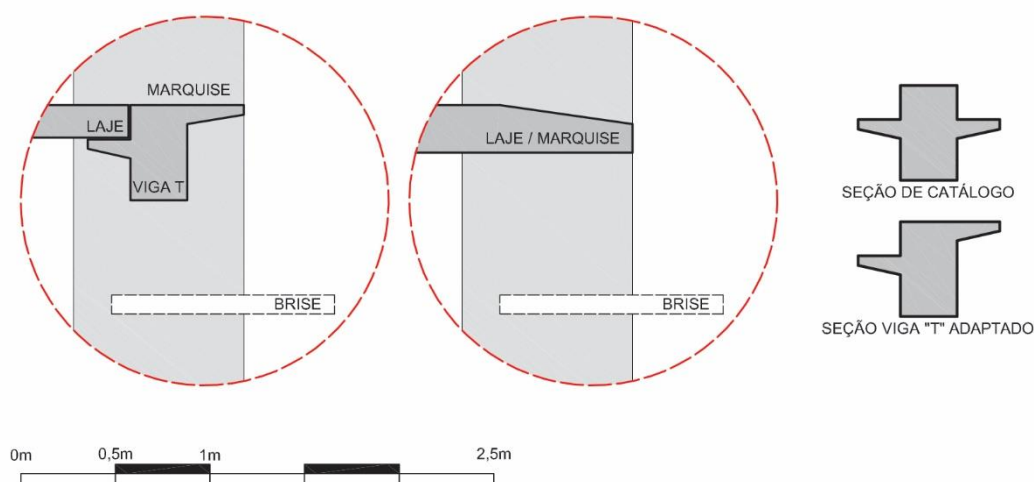


Figura 100. Suportes das lajes, hipótese de catálogo versus proposta original

Imagem do autor (2015)

Neste caso, o suporte no padrão **I** adaptado acima criaria uma verga, que repercutiria criando um **colchão de ar no alto dos pavimentos**. Isto poderia prejudicar o conforto ambiental no interior do prédio. O que seria uma desvantagem à proposta original.

A partir dessa repercussão poderiam ser discutidas alternativas, como a criação de uma peça, a ser industrializada, que não prejudicasse o conforto ambiental. Neste sentido poderiam ser utilizadas peças que conformam uma viga invertida, conforme as imagens a seguir. À esquerda a seção da peça **I** adaptada, a direita o original.

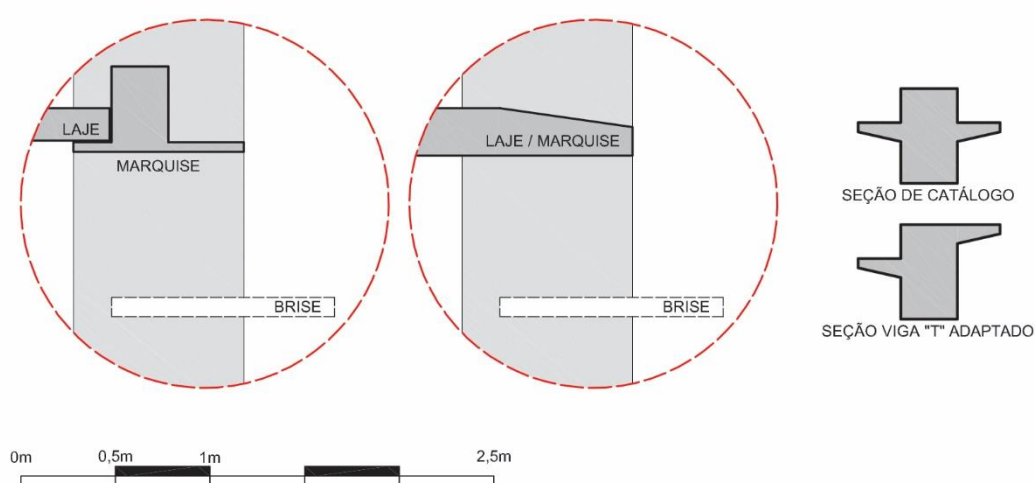


Figura 101. Suportes das lajes, hipótese peça criada versus proposta original
Imagem do autor (2015)

A opção a esquerda resolveria parte do problema do colchão de ar quente no interior das salas. Entretanto criar-se-ia outro inconveniente, o arremate no peitoril do piso acima necessitaria de uma peça especial, que não há no projeto original. No mínimo seria criada uma “espala”⁸² no rodapé.

Outra opção seria o acréscimo de um forro para resolver o problema do colchão de ar quente para as salas. Entretanto essa solução, que não havia sido considerada no projeto original, acarretaria em acréscimo de custos à obra. Dessa maneira, não podemos admitir que o acréscimo de um forro, seja razoável.

⁸² Termo usado nas obras civis para designar um respaldo na parede, desalinhamento de elementos.

Outra opção que poderia ser imaginada seria uma pré-fabricação total. Uma das possibilidades que se aproximaria à arquitetura original está desenhada a seguir.

Para efeito de comparação ressaltamos a esquerda a opção à esquerda com o desenho original da solução dos pavilhões. À direita o desenho com a pré-fabricação total. Imaginamos um vigamento invertido conformando uma marquise conjunta.

Seria necessária a criação de peças de exceção nos pontos de ligação com as passarelas metálicas, que não seria um problema na condição de pré-fabricação total.

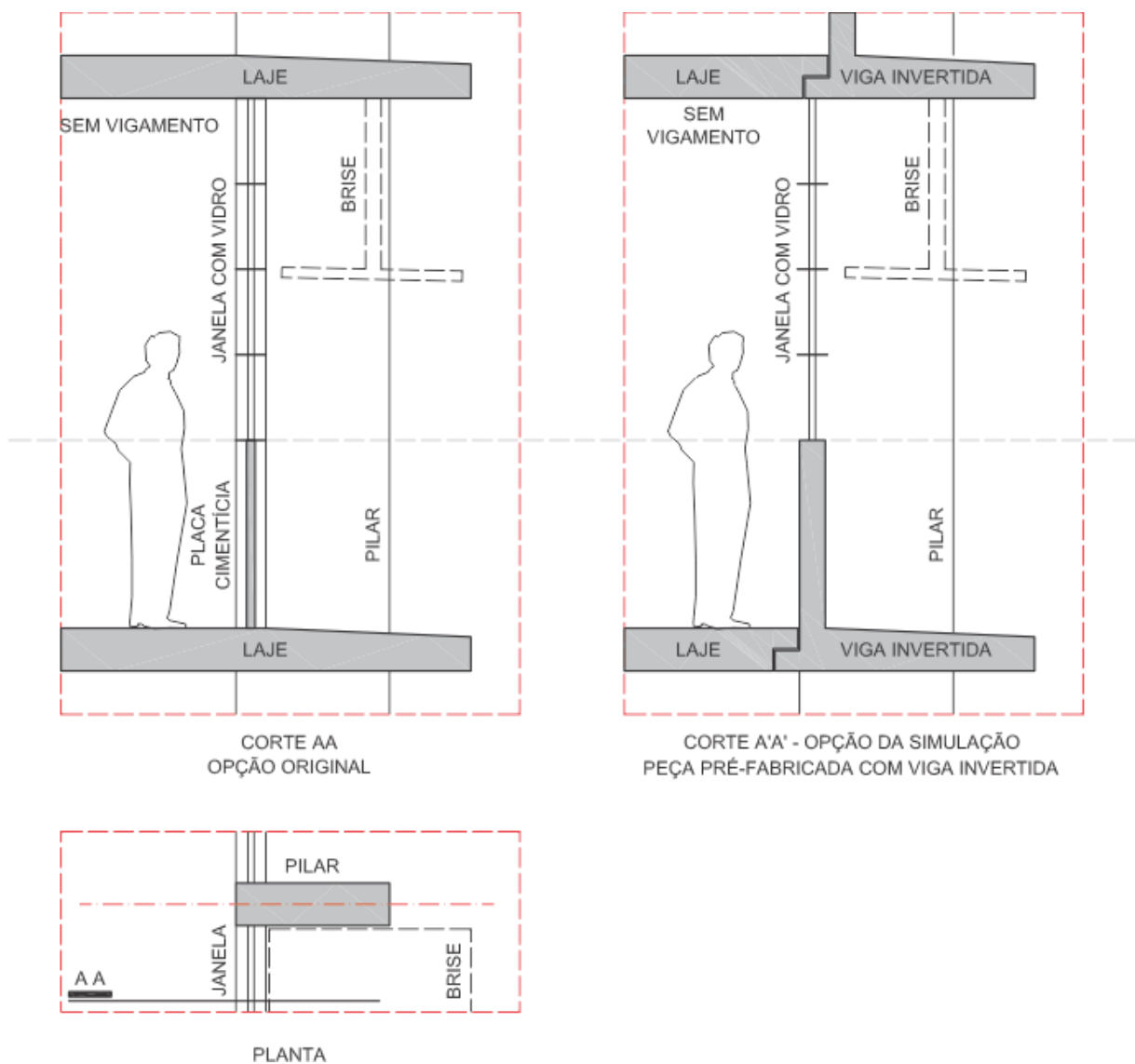


Figura 102. Esquemas em corte da opção de apoio
Imagem do autor (2015)

Comparação das necessidades específicas dos arremates de fachada

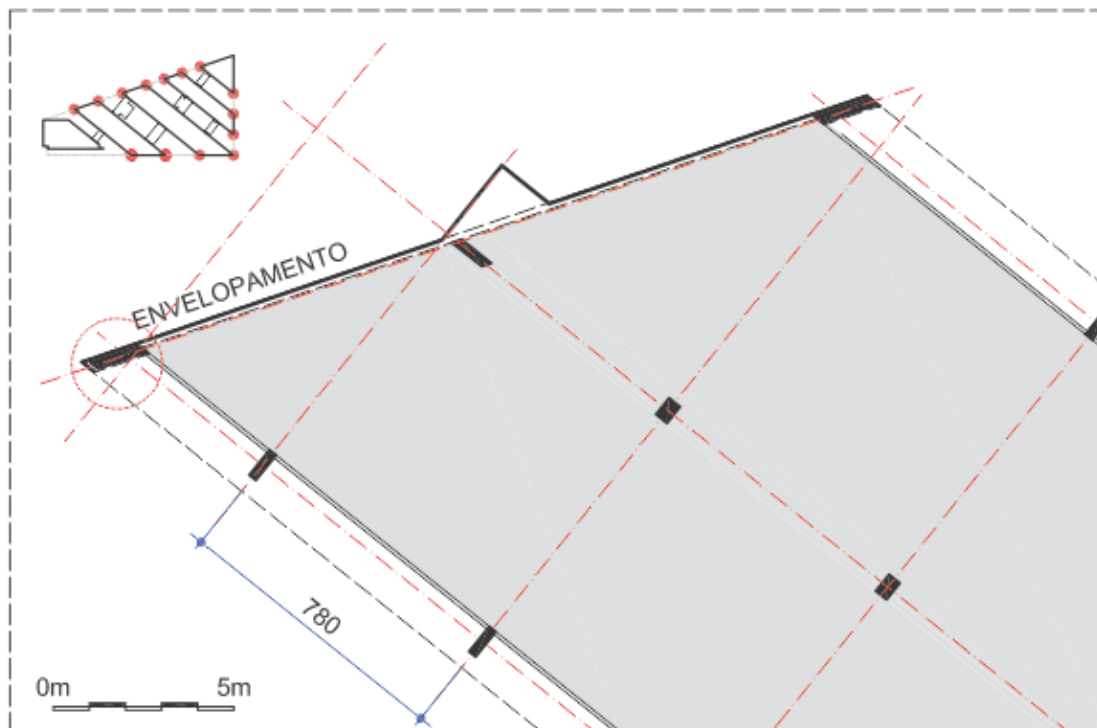


Figura 103. Arremate do envelopamento leste e oeste (original)

Imagem do autor (2015)

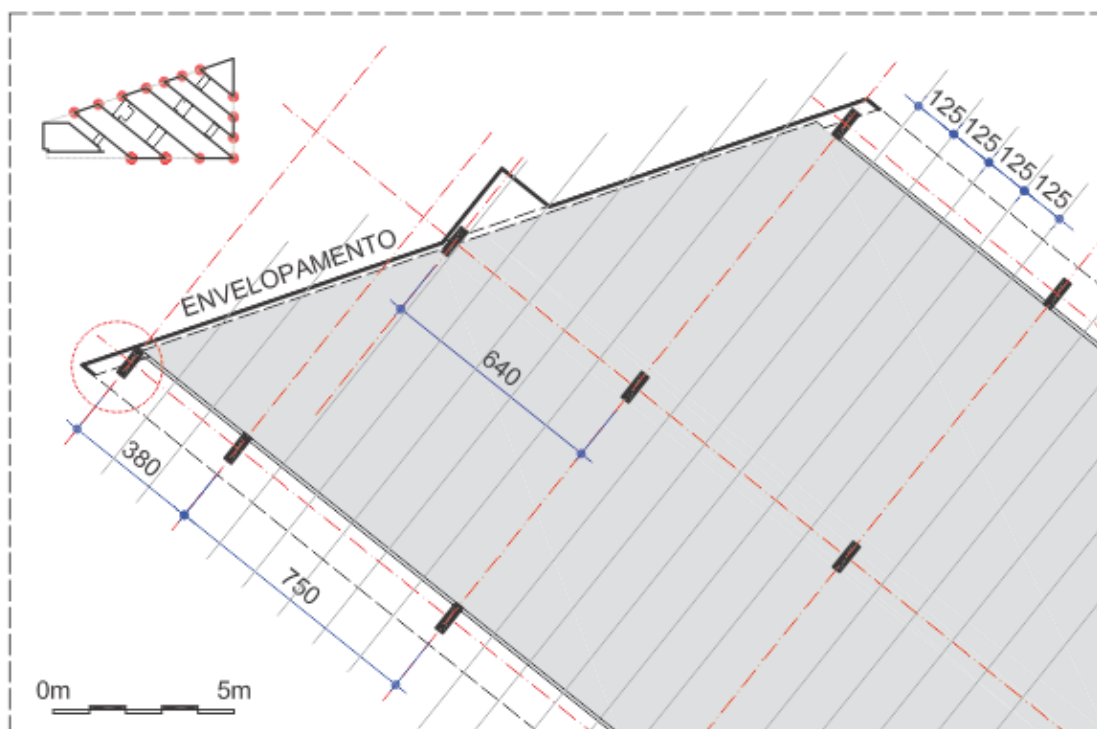


Figura 104. Arremate do envelopamento leste e oeste (pré-fabricação)

Imagem do autor (2015)

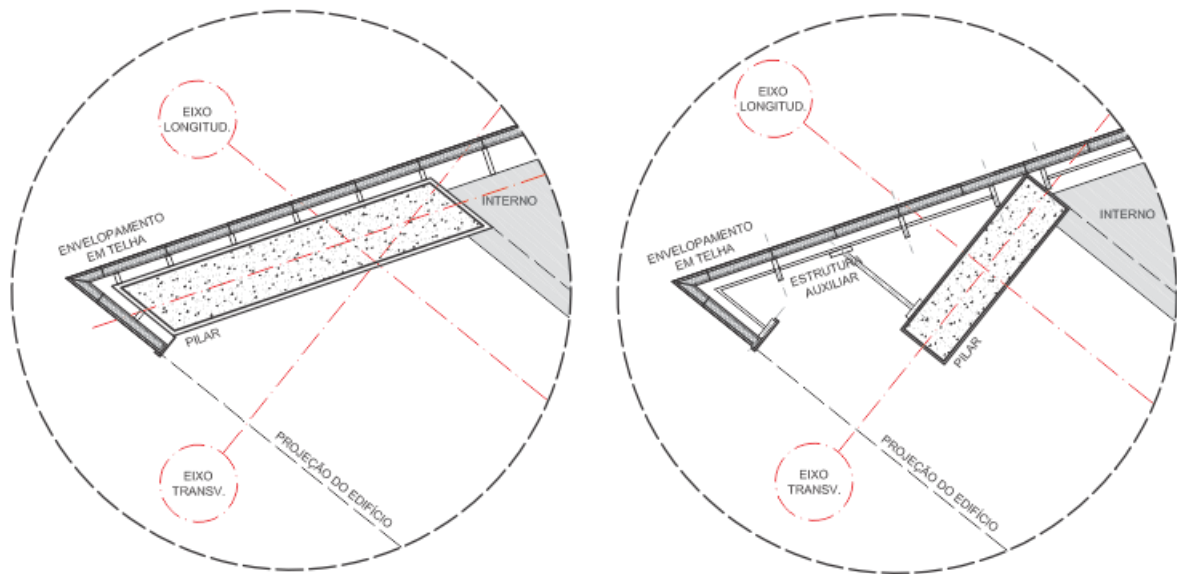


Figura 105. Detalhes possíveis

Imagem do autor (2015)

À esquerda o detalhe do pilar da solução original, com geometria especial. À direita o desenho da opção com adaptação do pilar pré-fabricado retangular. Neste caso seria necessária a introdução de uma estrutura axilar para o suporte dos painéis de telha ondulada na solução pré-fabricada. O envelopamento com a telha ondulada está mais adequadamente resolvido no desenho original, com suportes simples.

O sistema construtivo original utilizado repercutiu diretamente no desenho do prédio. As angulações das pontas das plantas dependem diretamente do formato dos pilares. A mudança no desenho do sistema portante impacta diretamente nos demais componentes do prédio o que implicaria em diversas "parafernálias" para manter o desenho formal do edifício, com as angulações. Seria o mesmo que dizer que há um esforço cenográfico para manter o desenho da concepção sem a menor razão de ser, uma vez que o desenho do pilar não é mais aquele de ângulo agudo.

9.4.2.2 Hipótese para o auditório – B1

Nas formulações das hipóteses de adaptação para o auditório adotou-se a peça de catálogo painel em “Duplo T” (ou Π). Na tecnologia típica de Belo Horizonte esta peça vence vãos da ordem de 18m⁸³. Entretanto, a literatura consultada nos permite admitir adoção dessa estrutura para vãos da ordem de 24m. Portanto, adequado para o vão sobre a plateia. A altura da peça, em pré-dimensionamento, é de 80cm.

Adotou-se o módulo 125cm, padrão desta laje, com vãos variados em: 5,0m; 7,5m; 10,0m. Verificou-se que isto não altera o arranjo arquitetônico original. Os pilares podem ser pré-fabricados sem grandes restrições.

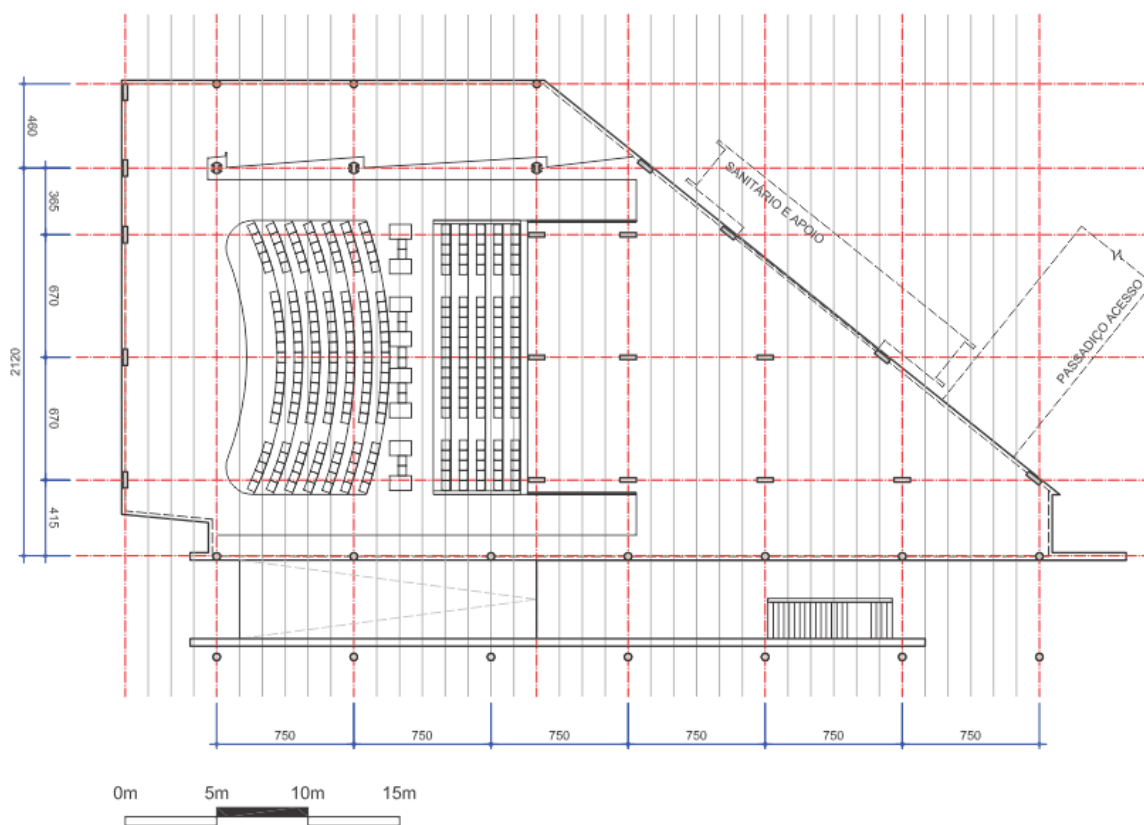


Figura 106. Simulação estrutural adaptação do auditório

Imagem do autor (2015)

O arranjo funcional da laje Π considera a mesa superiora trabalhando à compressão e os cabos protendidos na base das nervuras. Admitindo esta solução (típica) teremos a seguinte situação quando simulada para a cobertura do auditório.

⁸³ Catálogo: PREMO, página 20. Item 4.

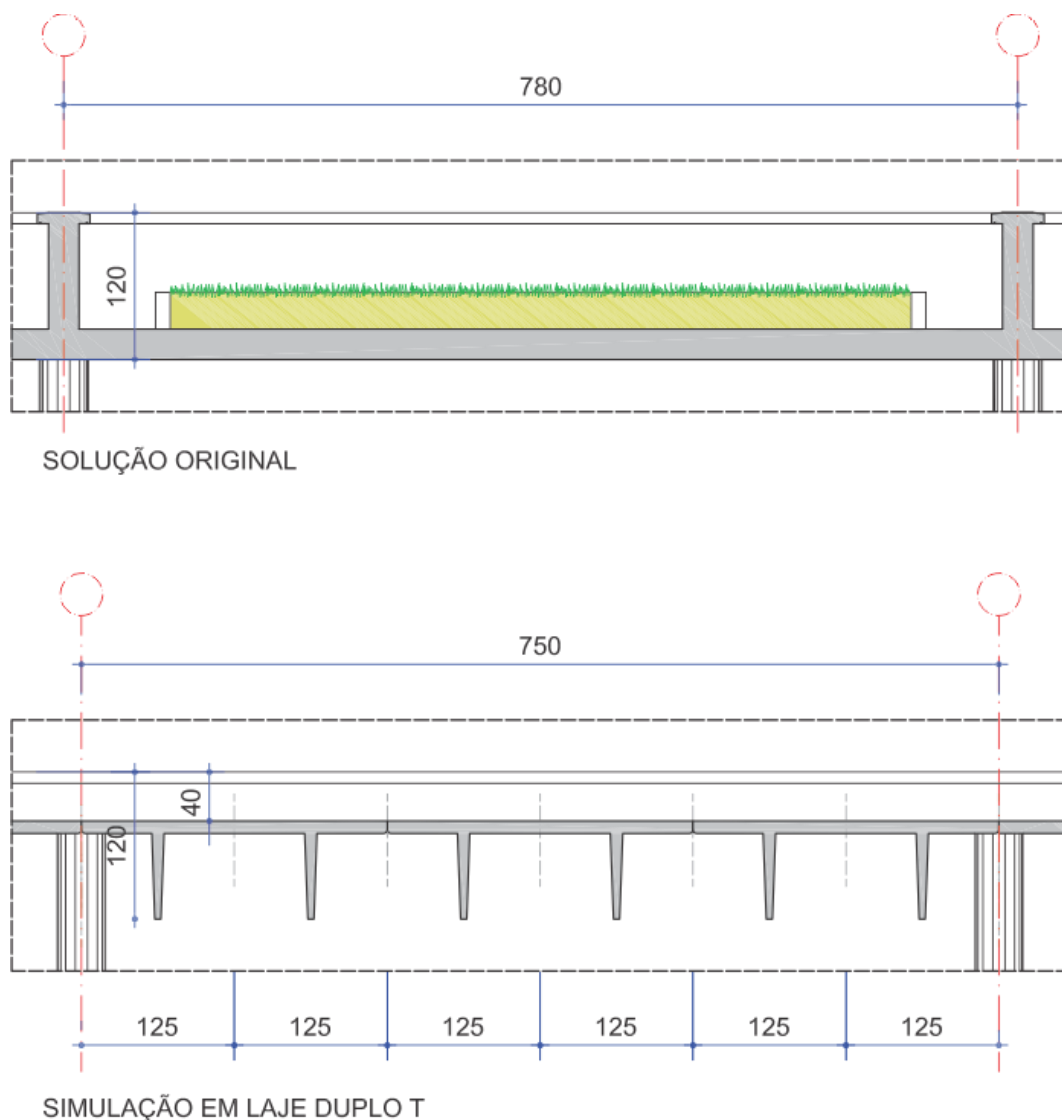


Figura 107. Detalhe da cobertura do auditório com laje DT

Imagem do autor (2015)

Neste caso observamos problemas nos apoios dos pilares, com necessidade de criação de capiteis para viabilizar área de apoio. Observamos, também, uma altura útil insuficiente, menor que 40cm, para resolver impermeabilização e a cobertura vegetal, parte da proposta original. Isto tornaria esta solução inviável.

Entretanto se invertêssemos a seção II para uma seção tipo U – com a necessária troca de posição das cordoalhas de tração – poderíamos aproximar esta peça da geometria da cobertura original de vigas invertidas, configurando **outra hipótese de simulação**. De partida sabemos que esta seria uma alternativa com solução atípica e, provavelmente, mais onerosa, uma vez que não usa o melhor potencial estrutural da geometria (compressão nas mesas em concreto). Mas, vamos analisa-la.

A seguir, os cortes longitudinais mostram as diferenças entre o projeto original e a adaptação simulada em pré-fabricado com laje U.

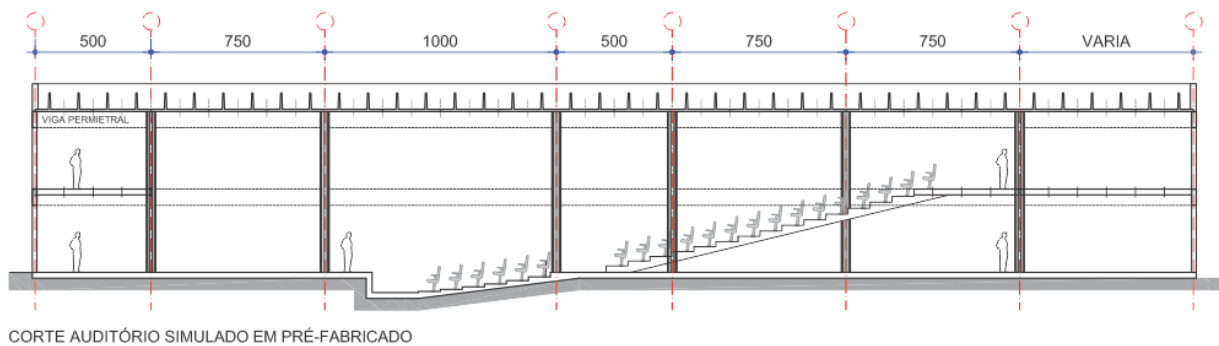
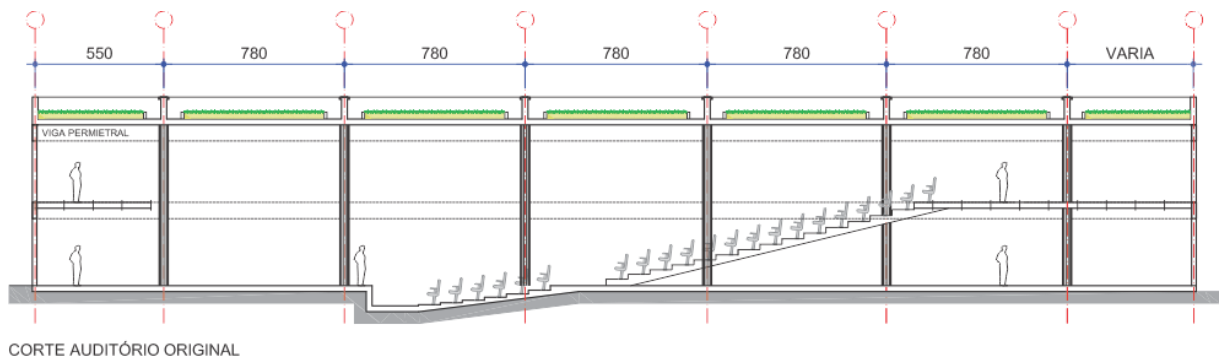


Figura 108. Simulação no bloco do auditório
 Imagem do autor (2015)

No segundo pavimento, interno ao auditório, seriam adotadas facilmente as lajes alveolares 125cm biapoiadas na solução construtiva padrão.

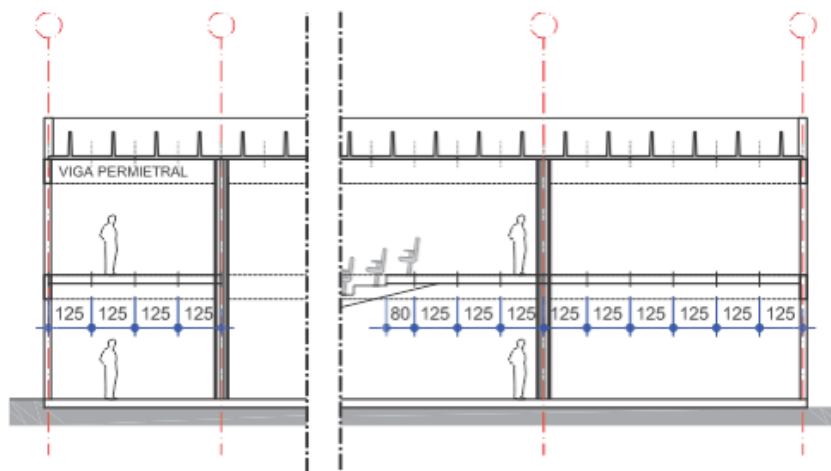


Figura 109. Simulação no modelo de lajes 125cm no auditório no segundo andar
 Imagem do autor (2015)

Nesta situação para a simulação, haveria um impeditivo para a cobertura em teto verde, conforme imagem a seguir. Neste caso o número de nervuras da laje seria um inconveniente para a instalação da cobertura vegetal. Adicionalmente seria problemática a instalação da impermeabilização.

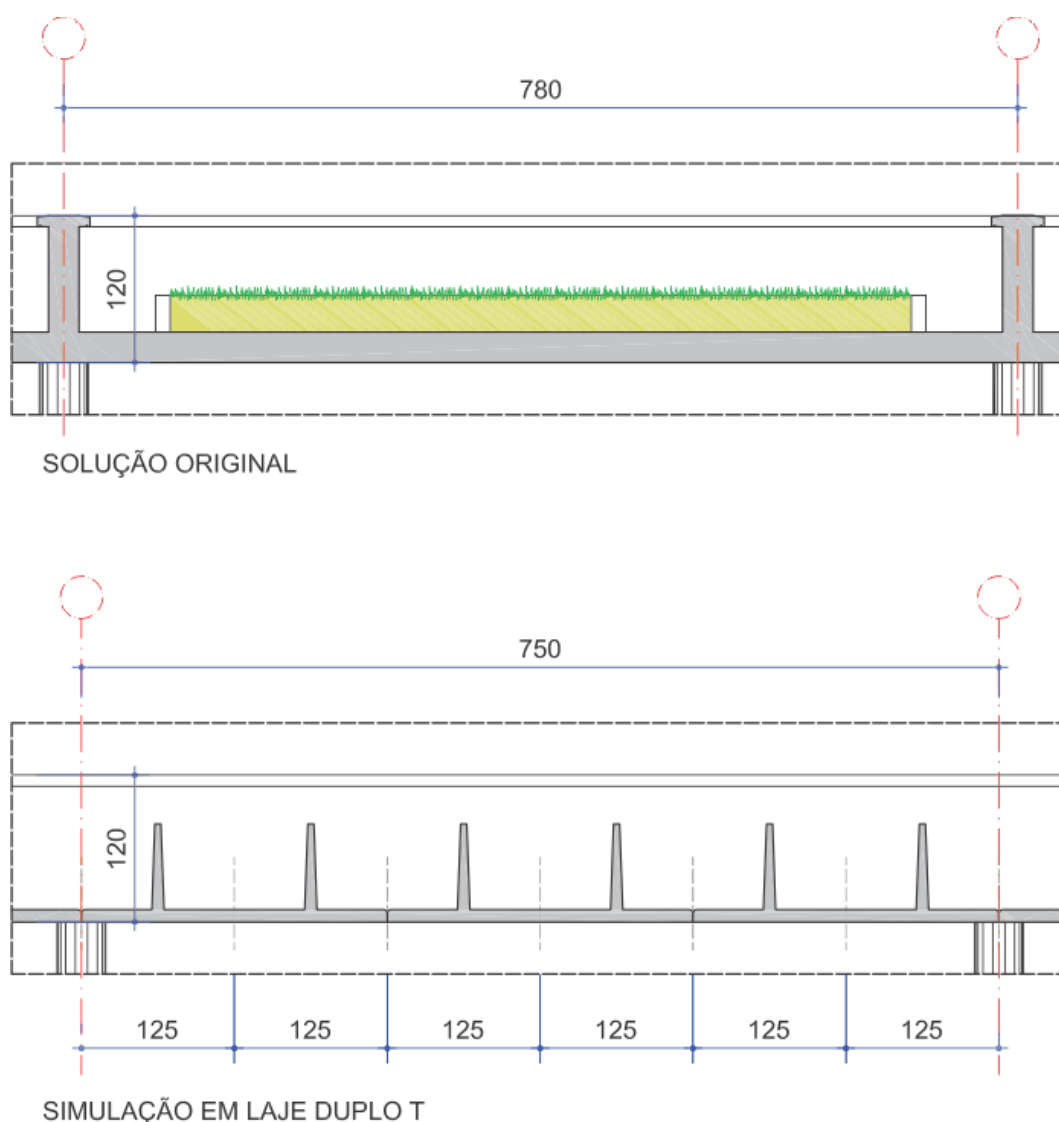


Figura 110. Detalhe da cobertura do auditório com laje DT invertida
Imagem do autor (2015).

9.4.2.3 As condições de canteiro e as viabilidades de execução

Para que se possa executar em sistema pré-fabricado é necessário que haja um canteiro que comporte alguma estocagem e a instalação de equipamentos de içamento e transporte.

No caso da execução de peças dentro do canteiro a exigência de área é ainda maior, sendo necessária área para instalação de usinas de montagem, concretagem e armação.

O local onde vai ser instalado o canteiro de obras da FAD, conforme indicado na imagem abaixo, fica ao longo da Avenida Reitor Mendes Pimentel, dentro do câmpus Pampulha. Essa área conta com uma boa extensão territorial para que se possam executar todos os serviços de obra com facilidade. Há espaço suficiente para armazenagem de peças, produção e instalação de equipamentos de içamento.

O controle de acesso é facilitado, pois os horários e períodos de maior intensidade de fluxo de pessoas são facilmente detectáveis. Por exemplo, durante a noite ou no período de férias o câmpus Pampulha tende a ficar mais tranquilo, sendo uma ótima oportunidade para execução de serviços de obras sem atrapalhar as atividades acadêmicas.

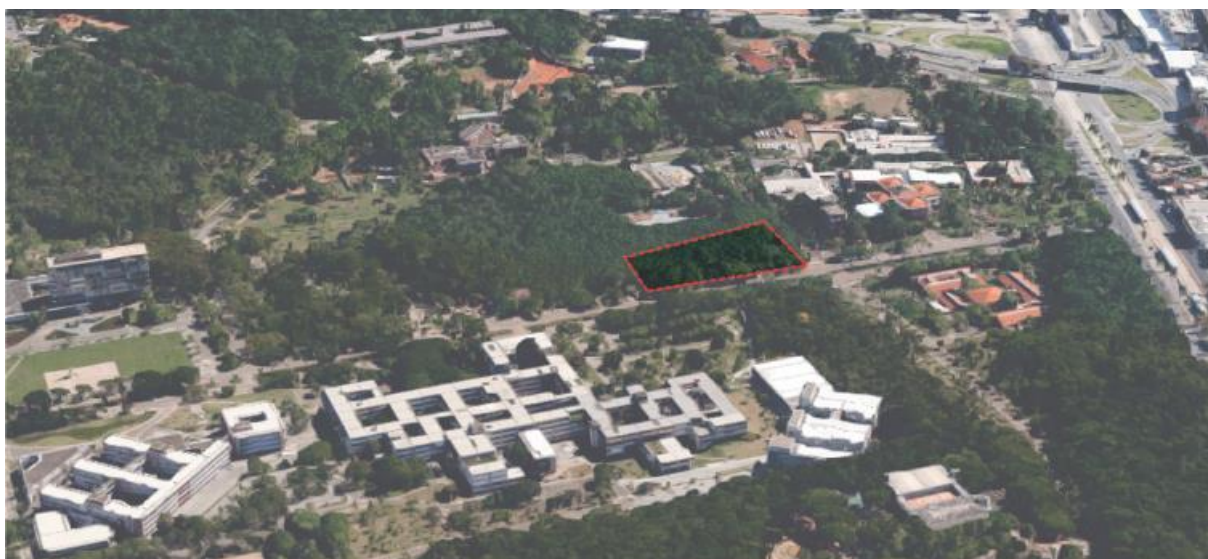


Figura 111. Localização da obra da FAD

Fonte: editado pelo autor a partir do "Google Earth". Julho de 2015.

A pré-fabricação das peças no próprio canteiro se daria de forma facilitada pelas condições do espaço físico disponível para a produção e também pela possibilidade de manter a geometria da arquitetura, que pelo que foi visto até aqui, é bastante específica.

Dessa maneira a nova FAD seria uma candidata para a produção de peças pré-fabricadas no canteiro. **Podendo ser adotado apenas o pré-fabricação total com peças de desenho adequado à manutenção da arquitetura original.** Sem essa permissão a adoção de soluções inadequadas certamente desaguaria em perda de qualidade do objeto construído.

Os pontos mais relevantes demonstram que o desempenho ambiental do edifício, os encaixes das esquadrias e do revestimento em telha ondulada, **depende diretamente do desenho da estrutura portante, e, portanto, do sistema construtivo usado.**

9.5 Discussão dos resultados observados

Os desenhos das peças catalogadas não servem para a manutenção da geometria arquitetônica original. **Não se pode fazer a troca pura e simples e garantir o desempenho do edifício em todos seus aspectos arquitetônicos.**

A substituição com pequenas adaptações seria uma possibilidade para contornar alguns inconvenientes observados na primeira hipótese, mas criariam outros contratempos na execução de obra e nos arremates das peças, que também não são desejáveis.

As duas opções anteriores criam problemas de ordem funcional e técnica. Observou-se, por exemplo, que seriam necessárias vigas para apoio das lajes no perímetro do edifício e isso criaria colchoes de ar que diminuiriam o desempenho do conforto interno.

A alteração do sistema construtivo, mesmo que não altere a volumetria geral do edifício, pode acarretar em problemas de compatibilizações com as ideias originais.

Essa consequência pode ser entendida, de maneira direta, como a alteração da arquitetura, pois afeta diretamente em seu desempenho e funcionamento.

O que se evidencia é a necessidade de avançar o nosso atual estágio tecnológico, que aponta para a pré-fabricação total. Não faz sentido forçar qualquer projeto arquitetônico às peças catalogadas quando não proporcionam o mesmo desempenho requerido para a futura edificação.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mercado construtivo apresenta uma controversa situação em Belo Horizonte, que afeta diretamente a atuação dos arquitetos e sua relação com a indústria de concreto pré-fabricado. Por um lado, há oferta de produtos industrializados para a construção, que são utilizados em um rol específico de projetos arquitetônicos como galpões, shopping centers ou outras obras selecionadas. Por outro lado, há uma maioria de prédios projetados no sistema construtivo convencional, caracterizado pela baixa tecnologia construtiva, uso de mão de obra de pouca qualificação e alto grau de manufatura para a execução.

No início desta dissertação colocamos algumas hipóteses que poderiam justificar esta situação e, a partir disso, buscamos as respostas. Imaginamos que as razões poderiam estar nas escolas de arquitetura, durante a formação dos arquitetos. Ou, no receio dos profissionais em terem limitações ou condicionalização nas suas criações projetuais. Ou ainda, se haveria problema na difusão do conhecimento acerca da tecnologia dos pré-fabricados. Refletimos, também, se seria acertado caminhar em direção à industrialização, mesmo que tudo indicasse que sim.

Constatou-se que os componentes culturais e socioeconômicos, que intervêm na projeção arquitetural, são fortes e mantêm a tradição construtiva convencional. Observamos, também, que a industrialização é um caminho desejável, por todos os benefícios que lhe são atribuídos.

O sistema construtivo adotado nas arquiteturas é um dos diversos fatores intervenientes do processo de concepção. Portanto, esse não deve imperar sobre qualquer outro fator, além de não poder ser decomposto, de forma inadequada, do objeto projetado, sob o risco de trazer graves inconvenientes ao ambiente construído, conforme apontado pela simulação desenvolvida nesta dissertação.

As razões históricas observadas.

Historicamente a discussão sobre a industrialização da construção civil vem sendo feita desde o princípio do século XX, e nunca recuou. A literatura demonstra ganhos técnicos, sociais e políticos no processo da construção industrializada.

O conhecimento dos diversos modelos tipológicos já idealizados, permite-nos vislumbrar como resolver problemas projetuais conhecidos. A partir disso, cabe-nos avaliar as vantagens ou limitações, tais como: as limitações em relação à flexibilidade dos espaços construídos em modelos tecnológicos com painéis portantes, sistema Camus. Ou, as facilidades logísticas, em escalas médias, do sistema da argamassa armada, propostas por Lelé.

O estudo permitiu entender como o Estado interfere no desenvolvimento das tecnologias a fim de resolver diversos problemas. O exemplo é das políticas de incentivo às obras convencionais para o crescimento de empregos.

Os direcionamentos das normas e técnicas utilizadas.

As discussões sobre as normas e as técnicas usadas para a produção das peças de concreto industrializada, permite-nos perceber que há uma padronização nas soluções do nosso mercado. Por exemplo, a produção na modulação de 125cm é o regular para as lajes, o que reflete a necessidade de adoção desta matriz modular nas plantas arquitetônicas.

Tal matriz, entretanto, nasce com incompatibilidade à norma de coordenação modular (NBR 15.873:2010), pois não se submete à medida **M** (10cm).

Há uma situação de contradição a ser resolvido no cerne da produção industrial.

A situação circunstancial do mercado da construção civil.

O *boom* da construção civil nos anos de 2005 a 2010 provocou uma escassez da mão de obra de operários e a conseqüente valorização dos salários destes. Somando-se isso à ampliação na oferta de acesso às universidades, através de programas federais, houve uma mudança do perfil do operariado da cidade.

Entendimentos a partir das entrevistas.

As entrevistas nos permitiram entender como vem ocorrendo a inter-relação entre os atores do processo: os arquitetos e os fornecedores. A partir desse diálogo, nascem algumas possibilidades de resolução para os projetos. O estudo de viabilidade, figura nesse processo como o *modus operandi* vigente, pois é o documento que

revelará o cruzamento possível entre a concepção arquitetural com o que a indústria consegue fornecer.

É necessário, entretanto, um esforço dos arquitetos no sentido de fazer avançar as possibilidades construtivas oferecidas no mercado e levar ao limite o que a tecnologia pode oferecer à qualidade projetual e construída.

Manutenção cultural nas escolas de formação dos planejadores.

A cultura da construção convencional ainda predomina durante a formação dos arquitetos e engenheiros civis. Observamos que existe um padrão de aceitação passiva deste sistema construtivo. Há um entendimento, e uma possível proliferação no meio acadêmico, que o sistema convencional é o "normal".

A função do professor/orientador é essencial para fazer a ponte entre os campos teóricos e práticos da arquitetura. Há uma grande responsabilidade nesta função, que também toca nos avanços tecnológicos da construção civil. As metodologias de ensino em arquitetura são absolutamente capazes de cumprir esta função. Mas, verificou-se um desequilíbrio entre os conhecimentos adquiridos pelos alunos e a aplicação nas práticas projetuais.

A contextualização técnico-teórica feita pelos professores orientadores, necessária ao exercício projetual, não tem repercutido nas resoluções projetuais. Em pesquisas futuras, poderia ser investigado por que esse fenômeno vem ocorrendo. Acredito que isto pode ser corrigido através do tipo de abordagem dada aos projetos, de modo a provocar no aluno, desde o início, uma atuação reflexiva.

A formação dos engenheiros, até onde pudemos avaliar, está voltada para a compreensão das técnicas e não para crítica de sua aplicação. Observamos que há a replicação do conhecimento sobre as técnicas convencionais.

11 REFERÊNCIAS

- ABCP. **Sistemas construtivos racionalizados permitem obras mais rápidas e eficientes**, 29 Agosto 2012. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/conteudo/imprensa/sistemas-construtivos-racionalizados-permitem-obras-mais-rapidas-e-eficientes#.U9PpMvldVcA>>. Acesso em: Julho 2014.
- ABNT. **NBR 13532 - Elaboração de projetos de edificações**. Rio de Janeiro: ABNT, 1995. 8 p. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ABNT. **NBR 9062 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**. Rio de Janeiro: ABNT, 2001. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ACKER, A. V. **Manual de Sistema Pré-Fabricados de Concreto**, 2002. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/resenhasonline/10.117/4025>>. Acesso em: 2014.
- ALONSO, P. I. CCA. **The Soviet I-464 Building System in Cuba and Chile, 1963-1973**, 2011. Disponível em: <<http://www.cca.qc.ca/en/study-centre/1379-pedro-ignacio-alonso-the-soviet-i-464-building-system-in>>. Acesso em: Julho 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASIELIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE CONCRETO. **Site da ABCI**. Disponível em: <<http://www.abcic.org.br>>. Acesso em: 2012.
- AZEVEDO, P. O. D. **Plágio na arquitetura**, Salvador, 2011. Disponível em: <<http://www.creaba.org.br/Artigo/383/Artigo-2--Plagio-na-Arquitetura.aspx>>. Acesso em: Julho 2014.
- BRANDÃO, O. C. S. **Sobre Fazer Projeto e Aprender a Fazer Projeto**. São Paulo: Tese de Doutorado. USP, 2008.
- BRUNA, P. **Arquitetura, Industrialização e Desenvolvimento**. São Pulo: Perspectiva, 1976. Coleção Debates, número 135.
- CABRAL, C. P. C. Vitruvius. **Do Weissenhofsiedlung ao Hansaviertel**, n. 117.02, setembro 2011. Disponível em:

<<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/resenhasonline/10.117/4025>>. Acesso em 2014.

CHEMILLIER, P. **Industrialización de la construcción - los procesos tecnológicos y su futuro**. Barcelona: Editores tecnicos asociados, 1980.

CHING, F. D. K. **Arquitetura Forma, Espaço e Ordem**. [S.l.]: Bookman, 2013.

COHEN, J. L. **Le Corbusier**. Tradução de Francisco Paiva Boléo. Lisboa: [s.n.], 2010.

CORBUSIER, L. **Por uma arquitetura**. São Paulo: Perspectiva, 1994. 240 p.

COTTA, I. F. Considerações Teóricas de projeto [.]. **51º Congresso Brasileiro do Concreto**, Outubro 2009. Artigo de congresso.

DPFP. **Relatório do Levantamento de Dados e Elaboração do Programa de Necessidades para a Transferência da Faculdade de Direito para o Campus Pampulha**. Belo Horizonte: [s.n.], 2009.

DPFP. **Anteprojeto arquitetônico da Faculdade de Direito no câmpus**. Belo Horizonte: Impressão A3 UFMG, 2010.

DPFP. **Projeto de arquitetura da Unidade Administrativa V**. Belo Horizonte: [s.n.], 2012. Projeto de Arquitetura.

DPFP. **Caderno de diretrizes técnicas para implantação**. Belo Horizonte: [s.n.], 2013. Caderno técnico fornecido pela UFMG para a licitação da obra incluindo desenhos técnicos de projeto.

EKERMAN, S. K. Vitruvius. **Um quebra-cabeça chamado Lelé**, 06 Setembro 2005. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/06.064/423>>. Acesso em: 25 Maio 2015.

EL DEBS,. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**. São Carlos: EESC-USP, 2000.

FERRO, S. **Arquitetura e Trabalho Livre**. São Paulo: CosacNaify, 2006.

FERRO, S. **Palestra Sérgio Ferro na UFSC**. Florianópolis: [s.n.], 2010. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ztE5sJkWaI0>>. Acesso em: Julho 2014. Disponível em quatro partes.

FIALHO, B. C. **Da cidade universitária ao campus Pampulha ad UFMG: a arquitetura e urbanismo como ideário educacional (1943 a 1975)**. Belo Horizonte: [s.n.], 2012. Dissertação de Mestrado Escola de Arquitetura da UFMG.

GRACE'S GUIDE. **Grace's Guide**, 2007. Disponível em: <<http://www.gracesguide.co.uk/>>. Acesso em: 2015.

GREVEN, H. A.; BALDAUF, A. S. F. **Introdução à coordenação Modular da construção do Brasil: uma abordagem atualizada**. Porto Alegre: [s.n.], 2007. Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP. Disponível eletronicamente em : http://www.habitare.org.br/pdf/publicacoes/arquivos/colecao10/livro_completo.pdf (Julho 2014).

HABITAT 67. **Habitat 67**, 2014. Disponível em: <<http://www.habitat67.com/>>. Acesso em: 2014.

HENDLER, A. **ARQ Clarín**, 2014. Disponível em: <http://arq.clarin.com/arquitectura/Viviendas-solidas-todas_0_1171083260.html>. Acesso em: 16 Julho 2014.

HERTZBERGER, H. **Lições de Arquitetura**. Tradução de Carlos Eduardo Lima Machado. Segunda. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

LEUSIN, S. **Fiesp**, 2014. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br>>. Acesso em: 16 Junho 2015. Professor Titular aposentado da Universidade Federal Fluminense.

LIMA, J. F. Palestra. Evento Arq-futuro. **Arq.Futuro SP 2011**, 2011. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=oD-wwY6lF64>>. Acesso em: 27 maio 2015.

MACIEL, C. A. **O sistema básico da UFMG e seus precedentes: infraestrutura, crescimento, superação da função e construção da paisagem**. Belo Horizonte: [s.n.], 2011. Publicado para o 9º Seminário Docomomo Brasil.

MACIEL, C. A. Vitruvius. **Arquitetura, indústria da construção e mercado imobiliário [.]**, Belo Horizonte, n. nº 136, 14 dezembro 2013. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/14.163/4986>.

MACIEL, C. A. B. **Arquitetura como infraestrutura [manuscrito]**. Belo Horizonte: [s.n.], 2015. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de.

MALARD, M. L. Alguns problemas de projeto ou de ensino de arquitetura. In: MALARD, M. L. **Cinco textos sobre arquitetura**. Belo Horizonte: UFMG, 2005. Cap. 4, p. 236.

MALARD, M. L.; MACIEL, C. A. **Territórios da Universidade: permanências e transformações**. 1. ed. Belo Horizonte: UFMG, v. 1, 2012. 316 p.

MARCONDES, D.; JAPIASSÚ, H. dutracarlito. **Dicionário de Filosofia**, 2001. Disponível em: <http://dutracarlito.com/dicionario_de_filosofia_japiassu.pdf>. Acesso em: Julho 2014. terceira edição revista e ampliada.

MARQUES, A. F. R. **A obra do arquiteto João Filgueiras Lima, Lelé: projeto, técnica e racionalização**. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie (dissertação), 2012. Dissertação de Mestrado.

MOM. **Morar de outras maneiras**, 2014. Disponível em: <www.mom.arq.ufmg.br>. Acesso em: Julho 2014. Grupo pertencente ao departamento de projetos da Escola de Arquitetura da UFMG.

PASSOLD, L. **Portal Arquitetônico**, 2012. Disponível em: <<http://portalarquitetonico.com.br/habitat-67/>>. Acesso em: Julho 2014.

PASSOS, L.; HERDY, F. H. **Aprendizado baseado em problemas: o PBL nos cursos de engenharia e arquitetura**, 2010. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2010/artigos/571.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2015.

PEIXOTO, E. R. Docomomo. **Para sempre moderno**, Março 2013. Disponível em: <<http://www.docomomo.org.br/ivdocomomosul/pdfs/17%20Elane%20Peixoto.pdf>>. Acesso em: 2015 Maio 27.

PÉREZ, C. E. **Evolución de los sistemas de construcción industrializados a base de elementos prefabricados de hormigón**. Barcelona: [s.n.], s.d. Disponível em: <http://www.upc.edu/cerca?q=Christian+Escrig+P%C3%A9rez> (23/06/2015).

PINI. Revista AU. **CIAC's em escala industrial**, p. 50-55, 1991.

PREMO CATÁLOGO. **Premo Soluções Construtivas**. Belo Horizonte: [s.n.], 2012. 56 p. Catálogo Técnico impresso de fornecimento da empresa. Disponível virtualmente em <https://www.youtube.com/watch?v=l2ftEp0jj2w> (2014).

PREMO MANUAL TÉCNICO DE CONSTRUÇÕES PRÉ-FABRICADAS. **Manual Técnico de construções pré-fabricadas**. Belo Horizonte: [s.n.], Sem Data. Disponível virtualmente em <http://www.premo.com.br/utilitarios/premoManual.pdf> (Julho, 2014).

SANTOS, R. E. D. **A Armação do Concreto no Brasil**. Tese de Doutorado. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2008.

SANTOS, R. E. D. Grupo Morar de Outras Maneiras. **Racionalização Abandonada**, Belo Horizonte, s.d. Disponível digitalmente em: http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/coloquiomom/comunicacoes/santos_racionaliza.pdf (Julho 2014).

SILVA, F. B. D. Revista Técnica. **Sistemas Construtivos: Painéis de vedação pré-fabricados mistos**, n. 186, Junho 2012. <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/186/artigo287987-2.aspx>.

STARLING, H. M. M.; DUARTE, R. H. **Cidade Universitária da UFMG - História e Natureza**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2009. 221 p.

TAKAHASHI, P. **Estado de Minas**, 2014. Disponível em: http://estadodeminas.lugarcerto.com.br/app/noticia/noticias/2014/02/25/interna_noticias,47887/cadeia-da-construcao-civil-e-um-dos-principais-motores-da-economia-de.shtml. Acesso em: Julho 2014.

UFMG. **Projeto do Campus 2000**, 2000. Disponível em: <https://www.ufmg.br/campus2000/apresentacao/index.htm>. Acesso em: 30 Dezembro 2014.

VASCONCELLOS, A. C. D. **O Concreto no Brasil - Pré-fabricação, Monumentos, Fundações**. São Paulo: Studio Nobel, v. 3, 2002.

VERGARA, E. **Sistema de painel prefabricado "KPD"**. [S.l.]: [s.n.], 2014.

Disponível em: <<http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/623067/en-detalle-especial-sistema-de-panel-prefabricado-kpd>>. Acesso em: Julho 2014.

12 APÊNDICES

A. Levantamento de obras em Belo Horizonte de 2009-2014

Será apresentada uma sequência de imagens retiradas do site *Google Street View*⁸⁴, que registra diversas obras em execução na cidade de Belo Horizonte.

A utilização desta técnica de levantamento foi escolhida por analogia ao método *windshield surveys*, tradicional em levantamentos urbanísticos de identificação da paisagem da cidade.

Através das imagens selecionadas pretende-se demonstrar a hegemonia dos sistemas não industrializados para execução de edifícios na cidade.

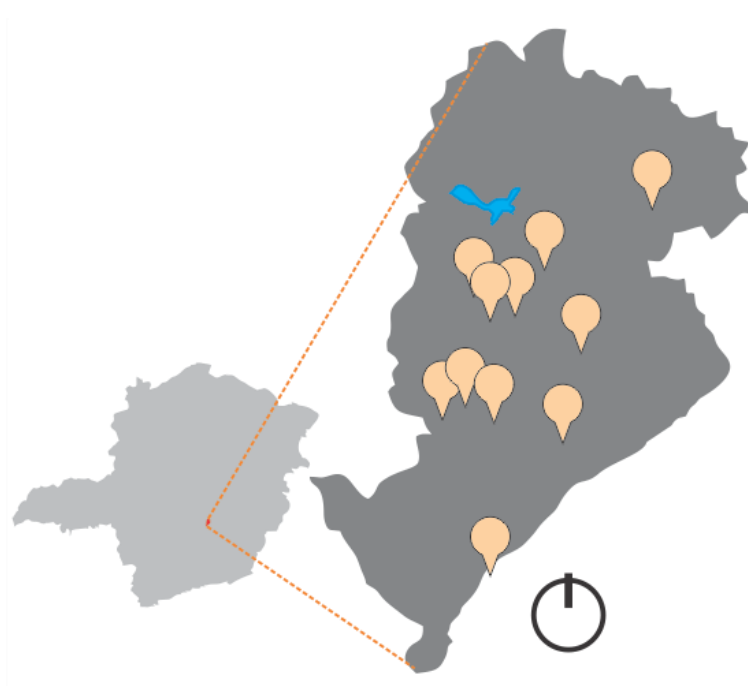


Figura 112. Mapa de localização das obras levantadas

Fonte: autor, 2015.

⁸⁴ <https://www.google.com/maps/views/streetview?gl=br&hl=pt-BR>. Julho de 2014.

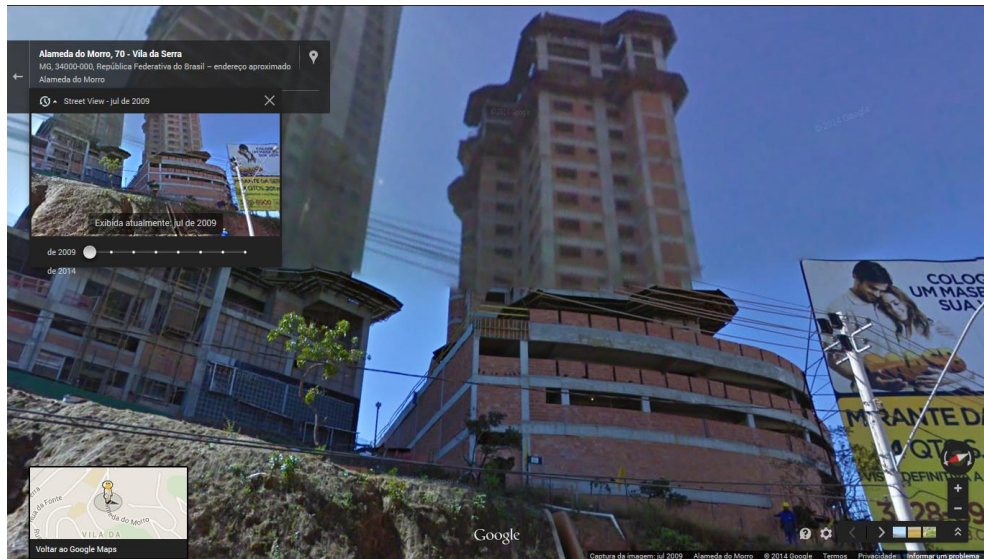


Imagem de Levantamento 1. Edifício da andares múltiplos, executada em 2009, em estrutura de concreto moldada no local e alvenarias de bloco cerâmico para vedação. Implantado na cidade de Nova Lima, na RMBH. Alameda do Morro, Bairro Vila da Serra.

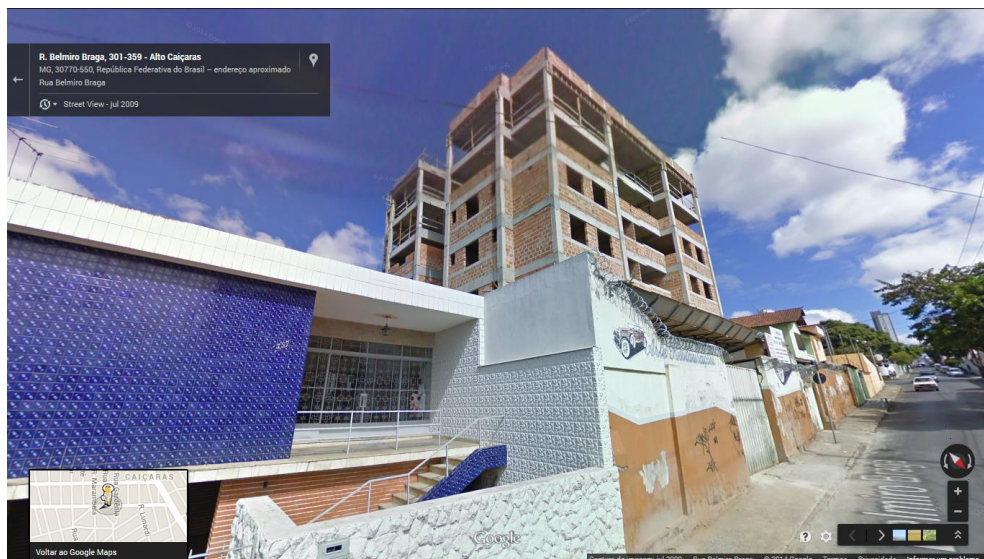


Imagem de Levantamento 2. Edifício da andares múltiplos, executada em 2009, em estrutura de concreto moldada no local e alvenarias de bloco cerâmico para vedação. Implantado à Avenida Belmiro Braga, Bairro Caiçara.

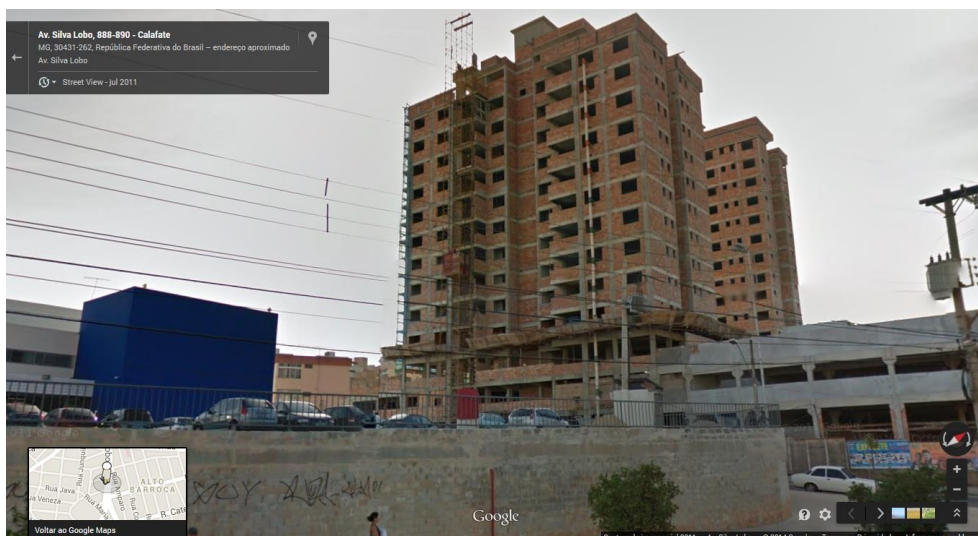


Imagem de Levantamento 3. Edifício da andares múltiplos, executada em 2011, em estrutura de concreto moldada no local e alvenarias de bloco cerâmico para vedação. Implantado à Avenida Silva Lobo, Bairro Calafate.

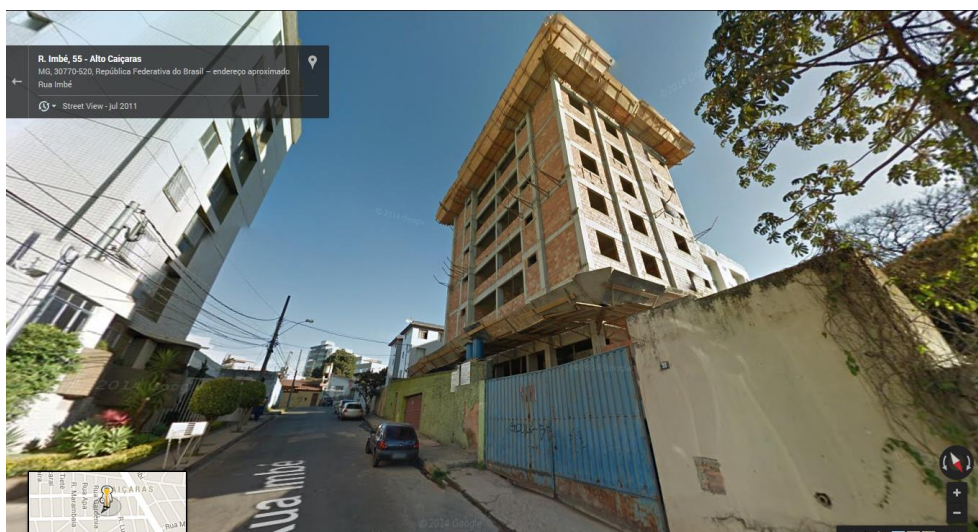


Imagem de Levantamento 4. Edifício da andares múltiplos, executada em 2011, em estrutura de concreto moldada no local e alvenarias de bloco cerâmico para vedação. Implantado à Rua Imbé, Bairro Alto Caiçara.

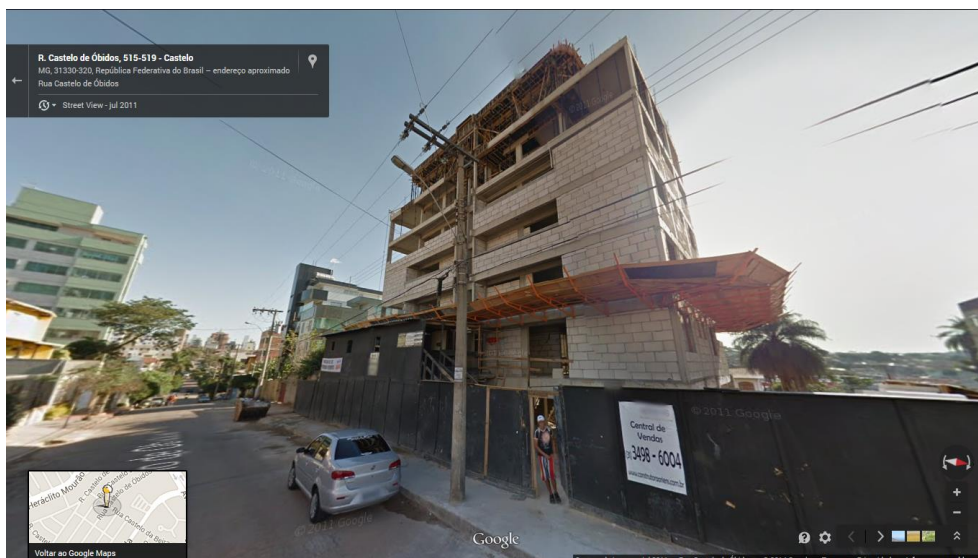


Imagem de Levantamento 5. Edifício da andares múltiplos, executada em 2011, em estrutura de concreto moldada no local e alvenarias (material não identificado) para vedação. Implantado à Rua Castelo de Óbidos, Bairro Castelo.

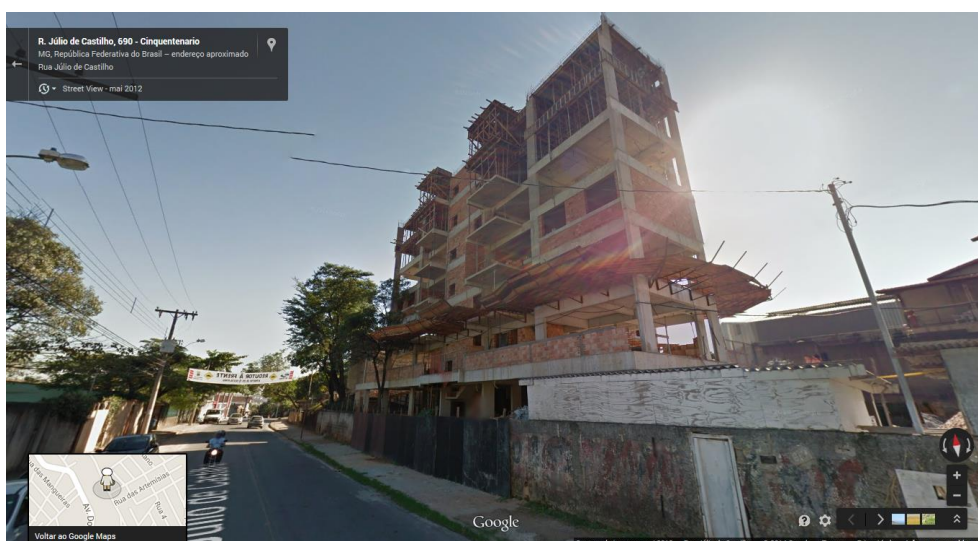


Imagem de Levantamento 6. Edifício da andares múltiplos, executada em 2012, em estrutura de concreto moldada no local e alvenarias de bloco cerâmico para vedação. Implantado à Rua Júlio de Castilho, Bairro Betânia.



Imagem de Levantamento 7. Edifício de andares múltiplos, executada em 2012, em estrutura de concreto moldada no local e alvenarias de bloco cerâmico para vedação. Implantado à Rua Patagônia, Bairro Sion.

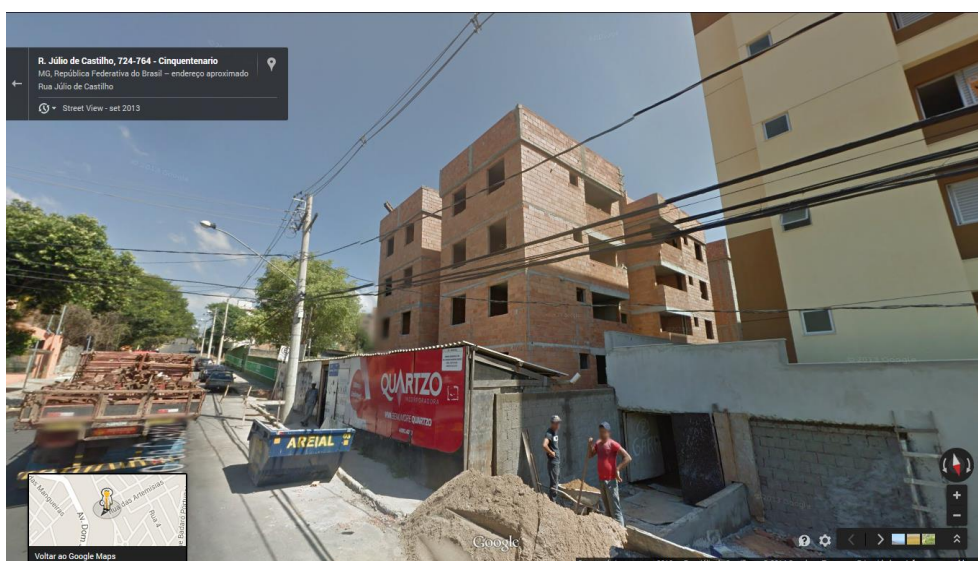


Imagem de Levantamento 8. Edifício da andares múltiplos, executada em 2013, em estrutura de alvenarias de bloco cerâmico autoportante. Implantado à Rua Júlio de Castilho, Bairro Betânia.

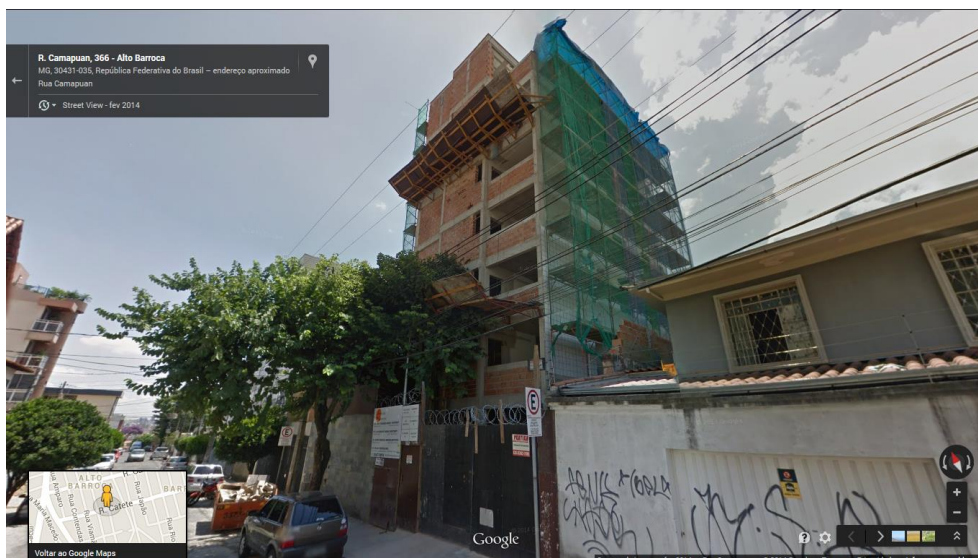


Imagem de Levantamento 9. Edifício de andares múltiplos, executada em 2014, em estrutura de concreto moldada no local e alvenarias de bloco cerâmico para vedação. Implantado à Rua Camapuã, Bairro Alto Barroca.



Imagem de Levantamento 10. Edifício de andares múltiplos, executada em 2014, em estrutura de concreto moldada no local e alvenarias de bloco cerâmico para vedação. Implantado à Av. Afonso Pena.



Imagem de Levantamento 11. Edifício de andares múltiplos, executada em 2014, em estrutura de concreto moldada no local e alvenarias de bloco cerâmico para vedação. Implantado à Rua São João da Serra, Bairro Três Marias.

B. Resumo metodológico de comparação de preços

No intuito de construir uma base de dados, de consulta rápida, sobre os preços de estruturas portantes em diferentes sistemas construtivos procedeu-se a elaboração de três estimativas de custos. Os dados foram levantados com ajuda de uma assessoria da Engenheira orçamentista Cássia Portugal (DPOC⁸⁵). Partiu-se de valores registrados nos orçamentos de obras da UFMG ao longo dos últimos meses.

As opções estruturais levantadas foram: estrutura em pré-fabricado de concreto, estrutura em concreto moldado no local e estrutura em perfis estruturais de aço. Como referência base usou-se um edifício laboratorial para a UFMG, projetado em 2013. Os valores foram estudados dentro do primeiro semestre de 2015.



Figura 113. Projeto para um edifício do quarteirão 10 da UFMG

Fonte: Caderno de apresentação de projetos do DFPF, 2014.

Área aproximada do projeto de referência de **1.800m²**. Base de dados de **fevereiro de 2015**.
Objeto: estrutura tipo esqueleto com pilares, vigas e lajes.

Estrutura em pré-fabricado de concreto	646,50 R\$/m ²
Estrutura em concreto armado moldado no local	407,19 R\$/m ²
Estrutura em perfis estruturais de aço	936,74 R\$/m ²

⁸⁵ DPOC: Departamento de Planejamento Orçamento e Controle da UFMG (2015).

13 ANEXO

A. Memorial Descritivo do Projeto Arquitetônico da FAD

Que acompanhou a apresentação do anteprojeto arquitetônico à comunidade da Faculdade de Direito em 2010. Corresponde à fonte bibliográfica: (DPFP, 2010).

Descrição Geral

O projeto para o novo edifício da **Faculdade de Direito da UFMG** a ser implantado no Câmpus Pampulha se fundamenta nos seguintes pressupostos:

O reconhecimento das especificidades do sítio – limites, percursos e conexões existentes e desejáveis, pré-existências naturais e construídas;

A interpretação crítica do programa, associada à consideração das tipologias espaciais e dos modelos ambientais aplicados nos projetos do câmpus, visando por um lado a qualificação ambiental dos espaços construídos e por outro lado a flexibilidade na ocupação do espaço e a previsão de sua transformação no tempo;

A busca da máxima racionalidade construtiva – organização pavilhonar, modulação rigorosa, simplicidade e qualidade da construção decorrente da aplicação dos princípios construtivos que vêm sendo aprimorados ao longo da implantação das diversas unidades do câmpus desde a sua fundação.

Lugar e implantação

O novo edifício da Faculdade de Direito será implantado na quadra IV do câmpus Pampulha em terreno com ampla frente para a Avenida Reitor Mendes Pimentel. A nordeste, o terreno é vizinho à área destinada no Plano Diretor da UFMG ao complexo das Artes; a noroeste, a área edificante é delimitada por uma galeria de drenagem existente, além da qual se prevê a implantação do estacionamento, que se localizará, portanto entre a Faculdade de Direito e a Escola de Música; por último, a sudoeste o terreno é delimitado por uma área verde, que apresenta uma pequena mata e o bosque central destinado a área de preservação permanente.

Por sua extensão, conformará o principal edifício da quadra, contribuindo para a estruturação visual da paisagem ao longo da entrada principal do câmpus. Por essa

razão, para além das suas funções iniciais, o edifício apresenta o potencial de articular o percurso de pedestres na avenida principal, reforçando a apropriação do bulevar configurado por seus jardins laterais através de uma passagem coberta, avarandada, ao longo de toda a extensão de sua fachada. Esta solução arquitetônica, herdada das arcadas e loggias da tradição clássica, reforça a interação entre o edifício e espaço urbano e contribui para a qualificação das transições entre o domínio público e o espaço interno da Faculdade.

Por sua situação individualizada na quadra, evitou-se a conformação frente fundos, buscando-se um tratamento equilibrado para todos os lados, com a possibilidade de acessos tanto ao longo da fachada para a Avenida Reitor Mendes Pimentel como pela fachada voltada para o estacionamento e para o bosque, potencializando a relação com os espaços abertos e áreas verdes através das áreas de apoio de uso coletivo – restaurante cantina e auditório.

A topografia plana em cota baixa, próxima a um talvegue, exigiu a previsão de elevação do piso térreo do edifício através de um aterro que adota a cota 803.00, cota segura de inundação da área.

Usos e organização espacial

A interpretação do programa de necessidades proposto permitiu ordenar o partido arquitetônico e organizar a distribuição das atividades a partir das seguintes ações:

Priorizar a ocupação das áreas térreas com as atividades mais públicas e coletivas, de modo a promover uma gradação de privacidade a medida em que se elevam os pavimentos, deixando as áreas administrativas, de pesquisa e extensão no último pavimento. Tal iniciativa reduz significativamente a utilização de elevadores e promove uma apropriação mais efetiva das áreas livres- pátios, jardins e passagens- ao nível do chão e do segundo pavimento, assegurando em contrapartida maior tranquilidade aos pavimentos superiores.

Diferenciar ao nível térreo dois domínios territoriais distintos: o primeiro, semi-público e aberto, que organiza as atividades que podem ter funcionamento independente do controle de acesso da Faculdade, reunindo restaurante, cantina, centros acadêmicos, DAJ, pátio e agora; o segundo, de acesso controlado, que reúne as atividades de registro acadêmico, colegiado, serviços gerais e áreas técnicas.

Biblioteca e auditório apresentam dupla caracterização, apresentando tanto o acesso controlado a partir do interior da Faculdade como a alternativa de abertura ao exterior, para o caso de utilização em horários e eventos diferenciados.

Estruturar o sistema ambiental do edifício através da criação de pavilhões com aberturas predominantemente Norte-Sul, de modo a permitir o melhor controle das incidências de sol nas áreas de trabalho e ensino, e a qualificar as áreas de permanência através do tratamento dos intervalos entre blocos com áreas ajardinadas, pátios e terraços habitáveis.

Organizar as atividades em cada pavimento a partir de um eixo principal de circulação que atravessa os diferentes pavilhões e concentra as áreas de maior população e uso público ao redor do pátio principal, assegurando as áreas de departamentos e gabinetes de professores uma localização mais reservada e silenciosa. Essa diferenciação é reforçada pela redução dos pés-direitos destes últimos, com altura proporcional as dimensões dos ambientes.

Distribuir as circulações verticais em localizações estrategicamente visíveis, concentrando o núcleo de elevadores e dispersando as escadas abertas, de modo a estimular seu uso e conformar atalhos que favorecem a interligação entre pavimentos.

Dispor as áreas molhadas, sanitários e apoios em núcleos autônomos em relação aos pavilhões, favorecendo a flexibilidade de uso das áreas principais, aos modos de pavimentos corridos, além de reduzir custos ao racionalizar as infraestruturas sanitárias.

Construção

A solução plástica e espacial da futura Faculdade de Direito da UFMG decorre diretamente da solução construtivas adotadas. A estrutura em concreto armado com modulação de 7,80 metros organiza os pavilhões, expressando nas suas fachadas longitudinais voltadas para os pátios e jardins a ordem modular rigorosa, reforçada pelas lajes de proteção solar que se projetam além do plano das fachadas em todos os pavimentos. Em oposição a essa estrutura principal, mais pesada, as passarelas de ligação entre blocos foram projetadas em estrutura metálica, com leves apoios intermediários que ampliam a esbelteza do conjunto. Seu fechamento em tela

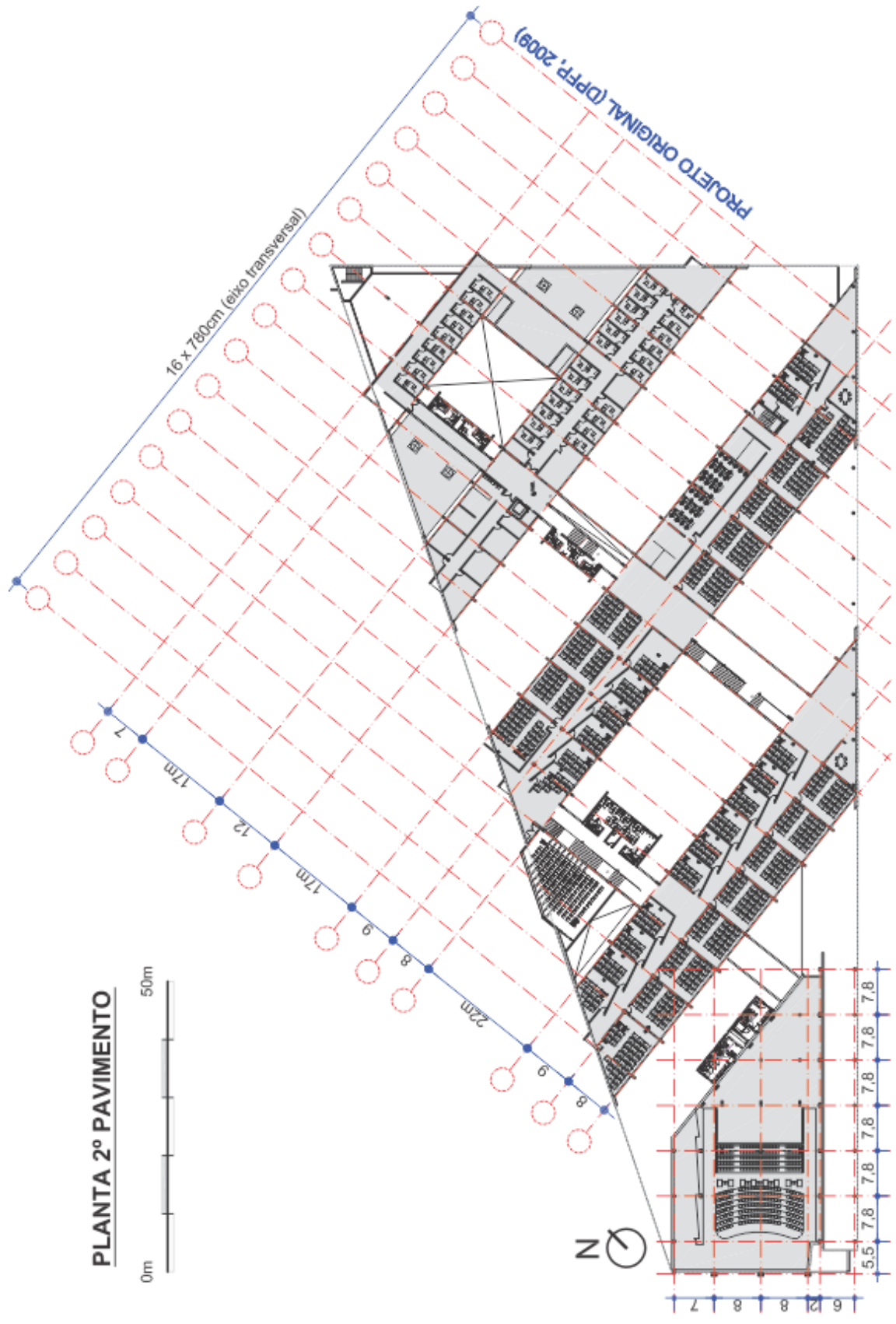
assegura a tais espaços uma ambientação avarandada que amplia seu caráter de passagem e promove grande integração física com os jardins.

As fachadas menores de cada um dos pavilhões se dispõem em angulo conforme os alinhamentos dos limites do terreno. Para melhor controle das incidências críticas de sol, são predominantemente fechadas, com aberturas estratégicas ora para ampliar a ventilação cruzada, ora para promover uma interação visual entre os pavimentos superiores e as áreas verdes do bulevar ou do bosque.

No embasamento do edifício, dada a necessidade de elevação da cota de implantação em decorrência da cota de inundação da área, o baldrame revestido em pedra equaciona a relação do edifício com o chão, com maior rusticidade e, portanto, maior resistência ao desgaste de uso e de intemperismos. Este embasamento estabelece um contraste necessário com a massa branca predominante que configura o conjunto dos pavilhões e da identidade ao edifício, por sua geometria e por um cuidadoso trabalho de diferenciação entre os cheios e vazia, volumes e intervalos livres.

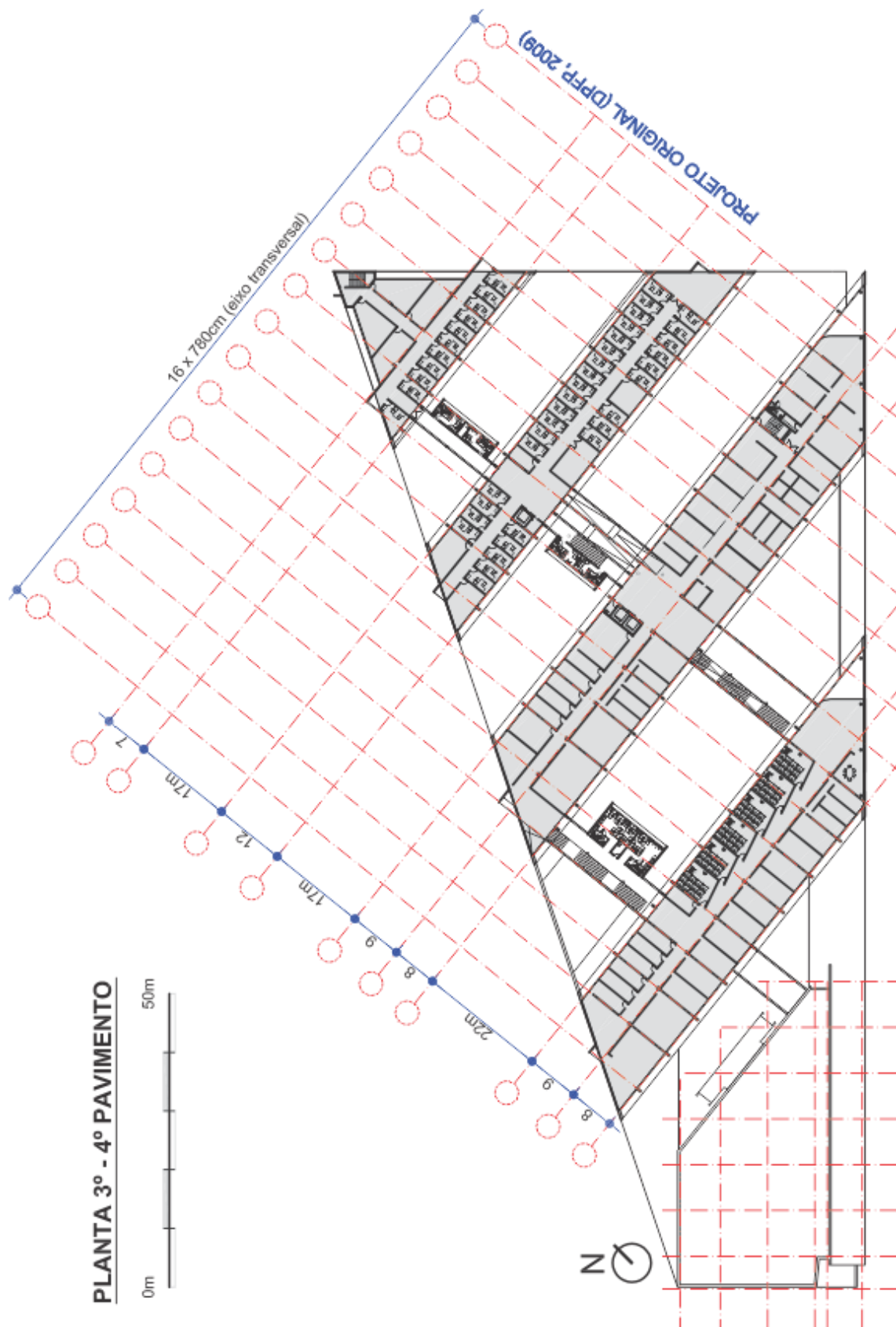
A Faculdade de Direito foi projetada buscando atender ao Art. 4 do Capítulo II da Instrução Normativa n. 1 de 19 de janeiro de 2010 que dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de contratação de serviços pela Administração Pública Federal. Os projetos buscaram como princípio os critérios de sustentabilidade ambiental considerando a economia da manutenção e operacionalização da edificação, a redução do consumo de energia e água, bem como a utilização de tecnologias e materiais que reduzam impacto ambiental.

A seguir as plantas dos pavimentos originais da FAD que impactam no estudo desenvolvido na simulação projetual.



PLANTA 2º PAVIMENTO





PLANTA 3º - 4º PAVIMENTO

