

# **HABITAÇÃO (colectiva) MODULAR PRÉ-FABRICADA:**

Considerações, origens e desenvolvimento

**Dissertação de Mestrado**

**Coimbra, 2009**

Departamento de Arquitectura: Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra

Autora: Ana Patrícia da Silva Fernandes

Orientador: Prof. Dr. Gonçalo Byrne

Co-orientador: Prof. Dr. Alberto Reaes Pinto

## *Agradecimentos*

- ... aos meus pais por possibilitarem o amparo e comodidades necessárias que me trouxeram até aqui.
- ... ao Arquitecto Gonçalo Byrne pela disponibilidade para orientar a minha dissertação apesar da falta de tempo.
- ... ao Arquitecto Reaes Pinto igualmente pela disponibilidade para me orientar neste trabalho, constituindo um contributo marcante uma vez que, o arquitecto é uma referência dentro do tema da pré-fabricação.
- ... à Câmara Municipal de Loures pelos desenhos facultados.
- ... à minha irmã Anabela pelo apoio.
- ... ao Miguel pelo auxílio e tempo concedido nas idas a Lisboa e por me ter acompanhado ao local do caso de estudo.
- ... ao Pedro pelo companheirismo e sobretudo pelos bons momentos.

## *Resumo*

O objectivo deste trabalho consiste em expor e analisar as considerações, origens e desenvolvimento da habitação, colectiva, modular pré-fabricada. Neste sentido foi relevante analisar dois núcleos produzidos pela “Empresa Pombalina”, “antecedentes ilustres” das características de racionalização, standardização, repetição e série comuns à pré-fabricação.

As origens e desenvolvimento foram estudados no âmbito estrangeiro e nacional, de forma a introduzir Portugal no contexto mundial.

A vertente prática foi explorada através do estudo de um exemplo de urbanização, cujo processo construtivo é a pré-fabricação total pesada – Santo António dos Cavaleiros.

## *Abstract*

The aim of this work is to expose and analyze the considerations, origins and development of the collective modular prefabricated housing. In this sense it was important to analyze two nuclei produced by the "Empresa Pombalina", "illustrious history" of the characteristics of rationalization, standardization, repetition and serie common to prefabrication.

The origins and development were studied in the foreign and national ambit, to enter Portugal in global context.

The practical aspect was explored through a case study of urbanization, whose construction process is the total heavy prefabrication - Santo António dos Cavaleiros.

# Sumário

<b>1. Introdução</b>	01
1.1. Objectivos	05
1.2. Organização e metodologia	07
1.3. Resultados esperados e possíveis conclusões	09
<b>PARTE I. ANÁLISE DA HABITAÇÃO, colectiva, MODULAR PRÉ-FABRICADA</b>	<b>11</b>
<b>1. “Antecedentes ilustres” da racionalização, standardização, repetição e série</b>	<b>13</b>
1.1. Baixa Pombalina	15
Racionalização, standardização, repetição e série	17
1.2. Vila Real de Santo António	27
1.3. Aspectos comuns dos núcleos urbanos	31
<b>2. Pré-fabricação</b>	<b>33</b>
2.1. As duas grandes vias da construção industrializada	35
Definição – Tradicional evoluído ou racionalizado	37
Definição e exigências – Pré-fabricação	37
2.2. Contextualização histórica, económica e arquitectónica	43
2.3. Racionalização e integração	51
2.4. <i>Standard</i> / Normalização	53
2.5. Série	59
2.6. Flexibilidade e tendências	61
2.7. Anomalias e condicionantes	63
2.8. Vantagens	67
2.9. Habitação mínima	69
2.10. Pré-fabricação no contexto português	71
Contextualização histórica, económica e arquitectónica	71
Elementos e materiais construtivos	79
Causas da lenta evolução das técnicas de construção industrializadas	81

<b>3. Modulação</b>	<b>85</b>
3.1. Composição modular	87
“Teoria dos polícubos”	87
Estética	89
Módulo-caixa – sistema pré-fabricado tridimensional	91
3.2. Coordenação dimensional/modular	93
Bases do sistema modular	99
Objectivos e vantagens da coordenação dimensional modular para a industrialização da construção	103
3.3. Coordenação dimensional/modular no contexto português	107
<b>PARTE II. ESTUDO DE CASO</b>	<b>111</b>
Santo António dos Cavaleiros (SAC) – pré-fabricação pesada	115
Ficha técnica	119
<b>Considerações Finais</b>	<b>177</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>185</b>
<b>Fontes das imagens</b>	<b>195</b>
<b>Anexos</b>	<b>207</b>
Glossário	209
Breve entrevista Arquitecto Alberto Reaes Pinto	215

# *Introdução*

Não havendo a pretensão da originalidade desta matéria, mas sim da selecção de informação cruzada no plano da arquitectura, o objectivo geral deste estudo, converge no sentido de estudar as bases e a evolução da pré-fabricação da habitação como método construtivo que incorpora a racionalização, normalização, seriação e a coordenação dimensional modular, fazendo a ponte com o contexto português. Aglutinar e cruzar informação no sentido de entender as generalidades do tema proposto, fazendo uma abordagem pormenorizada dos exemplos apontados.

A arquitectura, disciplina deste estudo, “oscilou sempre entre um fascínio pelo espírito da série e a impossibilidade de o pôr de facto em prática de modo sistemático. (...) de que modo é que a produção arquitectónica incorpora os sistemas de mercado não deixando de produzir novos significados?”.<sup>1</sup> A inteligência e habilidade do arquitecto está em conseguir aliar as várias vertentes que envolvem o projecto, assumindo uma posição de síntese equilibrada das exigências económicas, funcionais e culturais.

A pertinência deste estudo, conduzido para o entendimento das questões do módulo e da pré-fabricação, reside no facto de ser um tema pouco desenvolvido em Portugal em comparação com outros países da América e Europa e também porque a atenção para as questões que caracterizam a industrialização da construção, nomeadamente a pré-fabricação, tem merecido pouca atenção por parte dos jovens arquitectos.

A problemática desta matéria prende-se com a discussão: Habitação pré-fabricada VS pensamento arquitectónico? Nesse sentido o desenvolvimento do trabalho é realizado com base em considerações, origens e desenvolvimento da habitação, colectiva, modular pré-fabricada, expondo prós e contras, culminando na análise do caso de estudo, a urbanização de Santo António dos Cavaleiros, uma vez que foi a primeira experiência da pré-fabricação pesada em Portugal e foi realizada por um arquitecto.

---

<sup>1</sup> “Jornal arquitectos”. 2008, p.2.



A revista Domus 797 – “Prefabricated houses”, relata esta questão, relativamente a Hermann Muthesius Vs Henry van de Velde – Artistic Vs Standard (debate realizado no encontro anual da Deutscher Werkbund em 1914)

Sendo a arquitectura uma visão global integrada de vários conhecimentos, o tema é um contributo para o saber, no sentido de aproximar os arquitectos das bases da pré-fabricação e sistema modular, das suas origens e desenvolvimento, dos seus prós e contras, inserindo este modo de construir e projectar no pensamento arquitectónico.

Tendo em conta que o tema da pré-fabricação é extenso e complexo, no sentido de direccionar este estudo, o foco da análise é a habitação colectiva.

A tipologia arquitectónica escolhida foi a habitação, enquanto lugar preferível para testar e demonstrar novos conceitos, especificamente o domicílio colectivo uma vez que, a construção pré-fabricada conduz, pela necessidade de maior produção, às grandes realizações, que por sua vez implicam um estudo de conjunto.

Os exemplos de habitação unifamiliar isolada, com bases modulares pré-fabricadas são inúmeros e não têm em conta, geralmente, uma das condicionantes da boa arquitectura – o lugar. Portanto, serão indicadas no trabalho, quando necessário mas, sem particularização.

O caso de estudo, Santo António dos Cavaleiros, foi escolhido tendo em conta que é habitação colectiva criando urbanidade, envolveu um arquitecto e foi a primeira construção de grande porte caracterizada pela pré-fabricação total pesada – auge dos tipos pré-fabricação – em Portugal.

## **1.1. Objectivos**

Os objectivos específicos dirigem-se para a análise dos “antepassados ilustres” portugueses da racionalização, estandardização, repetição e série, para o estudo da pré-fabricação e do sistema modular, apresentando os seus prós e contras, para o estudo da relação deste modo de projectar e construir com o desenho da urbanização e um prévio conhecimento do ambiente histórico,



económico e arquitectónico, nacional e também estrangeiro, em que surgiu a industrialização da construção e a coordenação dimensional modular, no sentido de enquadrar Portugal no contexto Europeu e Americano.

## 1.2. Organização e metodologia

A organização do trabalho reside na sua estruturação segundo duas partes.

A primeira parte, geral, dividida em três capítulos - “Antepassados ilustres” da racionalização, standardização, repetição e série; Pré-fabricação e Modulação - parte do propósito de os analisar isoladamente para perceber as suas implicações efectuando-se, naturalmente, claras ligações entre eles. No primeiro capítulo pretende-se estudar os antecedentes da racionalização, standardização, repetição e série que podem ser comuns à construção tradicional/convencional e à pré-fabricação. No segundo capítulo desenvolvem-se as questões gerais e específicas, contexto português, da pré-fabricação. O terceiro capítulo estuda a composição modular e a coordenação dimensional modular.

A procura de fontes bibliográficas ocupou uma parte significativa do trabalho, dirigida, principalmente, para os aspectos práticos e teóricos da pré-fabricação e do sistema modular, objectos de estudo deste trabalho. É importante salientar que a maioria da bibliografia portuguesa é dos anos 60/70, época marcada pelo início da aplicação da pré-fabricação e coordenação dimensional modular.

A segunda parte, especificamente dirigida para o objecto de estudo, Santo António dos Cavaleiros, converge no sentido de estudar os desenhos do exemplo proposto, analisando as características fundamentais da pré-fabricação. Pretende-se detalhar a informação através de uma ficha técnica, pormenorizando a decomposição do desenho, sistema construtivo, materiais utilizados e implantação.

A metodologia usada nesta segunda parte, dirige-se para a procura de documentação e entrevistar o Arquitecto Alberto Cruz Reaes Pinto, no sentido de



analisar o projecto/construção, relacionando-os com o estudo realizado na primeira parte.

### **1.3. Resultados esperados e possíveis conclusões**

Pretende-se entender o percurso geral da arquitectura na industrialização da construção, nomeadamente na pré-fabricação, no contexto estrangeiro e português.

De acordo com a problemática levantada, as possíveis conclusões são resposta a algumas questões: De que modo é que estas construções desenham urbanização? Transformar-se-á o arquitecto num especialista em organização? Qual o papel do arquitecto?



# *PARTE I*

***Análise da habitação (colectiva) modular pré-fabricada***

**“Antecedentes ilustres”  
da racionalização, estandardização,  
repetição e série**

Os casos de estudo apontados, produtos da “Empresa Pombalina”<sup>2</sup>, são a Baixa de Lisboa<sup>3</sup> e Vila Real de Santo António, preliminares da racionalização e estandardização. Exemplos de construção históricos caracterizados pela rapidez e economia, aspectos comuns à pré-fabricação.

Os principais objectivos deste capítulo são: a análise da inserção urbanística das edificações pombalinas; clarificar e expor a ligação dos núcleos às questões da organização, tipificação, repetição e módulo; o entendimento dos processos construtivos e arquitectónicos, sem grande aprofundamento, uma vez que, o estudo dos exemplos já se encontra desenvolvido. Portanto, o que se pretende é procurar relações com as características da modulação e da pré-fabricação.

A história está marcada pelo uso de soluções que, não podendo classificar-se de pré-fabricação, porque não eram industrializadas, empregavam no entanto, critérios de concepção geral da obra e de aplicação racional dos materiais e meios disponíveis, destacando-se nesta matéria os Incas, Egípcios, Gregos e Romanos, que recorreram à introdução de elementos passíveis de repetição.

## 1.1. Baixa Pombalina

A reconstrução da Baixa Pombalina associada ao propósito do primeiro-ministro – Marquês de Pombal – de construir o mais rapidamente possível, na sequência da devastação resultante do terramoto de 1755, caracteriza-se pela normalização de medidas, estandardização de elementos repetitórios, racionalização da produção e sistematização da laboração.

---

<sup>2</sup> FRANÇA, José-Augusto – A reconstrução de Lisboa e a arquitectura pombalina. 1981, p.43.

<sup>3</sup> “Em meados do século XVIII Lisboa mantinha um traçado de base medieval, alterado por alguns pólos urbanísticos de desenho manuelino, filipino e joanino.” IPPAR – Baixa pombalina. Disponível em WWW: <[http://www.ippar.pt/pls/dippar/pat\\_pesq\\_detalhe?code\\_pass=71831](http://www.ippar.pt/pls/dippar/pat_pesq_detalhe?code_pass=71831)>.



Fig.01 Planta de Lisboa em 1650, por J.N. Tinoco.

Estes princípios são comuns à Baixa Pombalina de Lisboa e à pré-fabricação, como já foi mencionado, mas isto não significa que a base construtiva da “Empresa Pombalina”, construção tradicional/convencional que incorpora elementos standardizados, possa ser denominada de pré-fabricação, uma vez que, esta forma de construir é uma das duas grandes vias da industrialização.

“É um erro muito frequente referirem que a pré-fabricação teve origem, em Portugal, na construção pombalina e confundirem a normalização, *standardização* e tipificação com a pré-fabricação.”<sup>4</sup>

A construção tradicional pode ser também organizada, estandardizada e seriada, sem processos mecanizados. Em suma, o que difere a construção tradicional/convencional da construção industrializada, nomeadamente da pré-fabricação, não é o método de executar mas sim a ferramenta. No caso da construção tradicional, a mão do homem e no caso da pré-fabricação, a máquina.

Três obreiros constituíram a elaboração dos planos, Manuel da Maia, Eugénio dos Santos e Carlos Mardel.

A equipa de Eugénio dos Santos é a síntese das outras duas, modernizando a rede urbana através da sua regularização<sup>5</sup>, dinamismo urbanístico e respeitando certos valores da imagem antiga da cidade – localização das igrejas. Eugénio dos Santos “originou edificações uniformes, padronizadas, inspiradas nas linhas sóbrias e austeras do maneirismo *chão*.”<sup>6</sup>

### **Racionalização, estandardização, repetição e série**

Na sequência de ultrapassar obstáculos relacionados com a transferência de propriedades da antiga malha para o novo traçado, questões como: rapidez e economia; racionalização dos processos construtivos, com base na simplicidade e

---

<sup>4</sup> Breve entrevista ao arquitecto Reaes Pinto em anexo neste trabalho.

<sup>5</sup> A ideia de regularização é fruto da imagem regular e monumental do Terreiro do Paço – um dos pólos da Baixa em conjunto com o Rossio.

<sup>6</sup> IPPAR – Baixa pombalina, cit. 3.

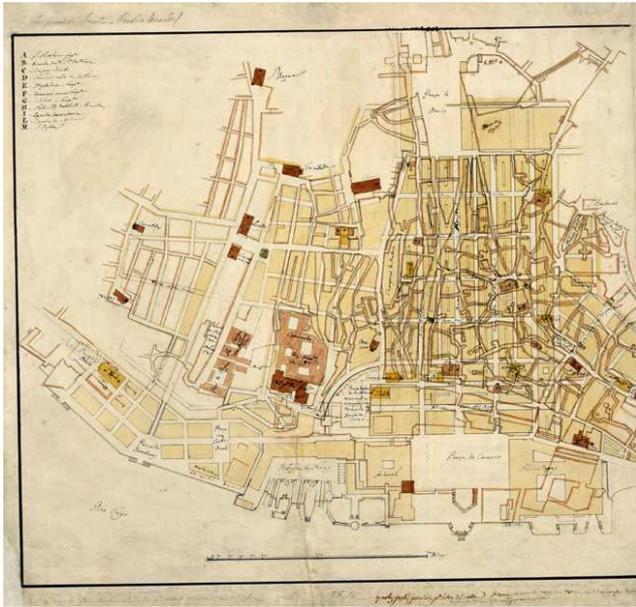


Fig.02 Planta do centro da cidade de Lisboa antes do terramoto de 1755 e com o novo projecto.



Fig.03 Planta de Eugénio dos Santos (nº5)

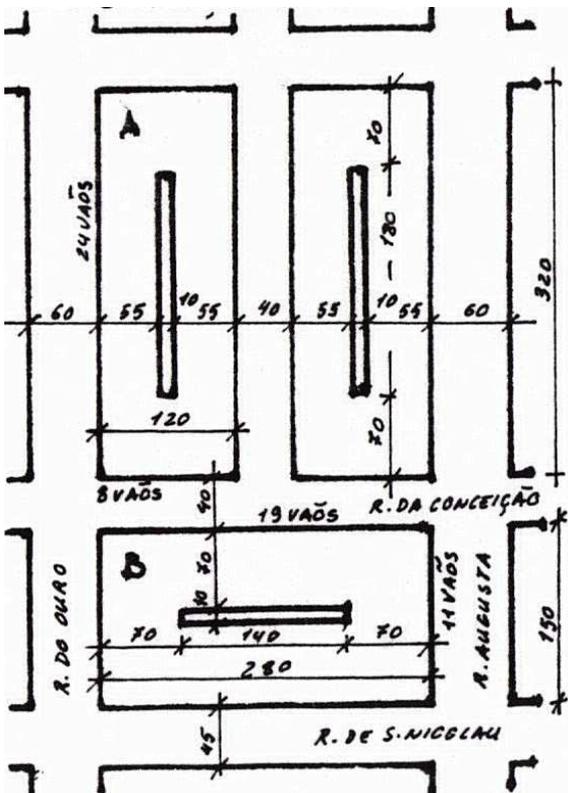


Fig. 04 Quarteirões A (24 vãos por 8 vãos) e B (19 vãos por 11).

uniformidade dos projectos arquitectónico e urbanístico e a tipificação e repetição de componentes, permitiram ultrapassar as contrariedades.

Depois de definido o conceito urbano do bairro-piloto, resolvido numa malha regular constituída por quarenta quarteirões alongando-se no sentido S-N, doze no sentido E-O e três quadrados, (ver figs. 02, 03) foi elaborada a legislação da construção – primeiro regulamento municipal. Estruturalmente a Lisboa Pombalina depende mais do ensino e da prática da Academia Militar<sup>7</sup> do que da Aula de Arquitectura Civil do Paço da Ribeira.

Em traços gerais o decreto de 12 de Junho de 1758 classificou: as ruas principais, sentido N-S, com sessenta palmos mais dez de cada lado para os passeios; as ruas secundárias com quarenta palmos; altura das casas regulada pela altura dos edifícios do Terreiro do Paço, pela tipologia das aberturas e condicionada pela largura das ruas, pois a altura das fachadas não podia ser superior a essa dimensão; piso térreo e primeiro andar com 16 palmos de pé-direito, sendo a altura restante ocupada por mais dois pisos.

De acordo com Jorge Mascarenhas “a forma adoptada para o quarteirão não foi escolhida por acaso. Se fosse um quadrado ofereceria um pequeno perímetro para uma grande área interior, (...) o que significava um menor número de propriedades com acesso para o exterior. Por outro lado para um quarteirão comprido aconteceria o oposto, não permitindo criar duas frentes de edifícios. Uma forma equilibrada foi conceber quarteirões cujas dimensões tivessem uma proporção de 2/3 (24 vãos por oito – quarteirão A) o que permitia ter duas frentes.”<sup>8</sup>(ver fig.04)

O uso de componentes construtivos repetitivos requeria que a obra e a oficina tradicional operassem sobre a base de um sistema comum de dimensões portanto, foi usado o valor de uma unidade padrão – o palmo.

---

<sup>7</sup> Eugénio dos Santos frequentou a Aula da Fortificação que Manuel da Maia encabeçou.

<sup>8</sup> MASCARENHAS, Jorge – Sistemas de Construção – O Edifício de Rendimento da Baixa Pombalina de Lisboa, processo evolutivo dos edifícios, inovações técnicas, sistema construtivo: materiais básicos. 2004, p.175.

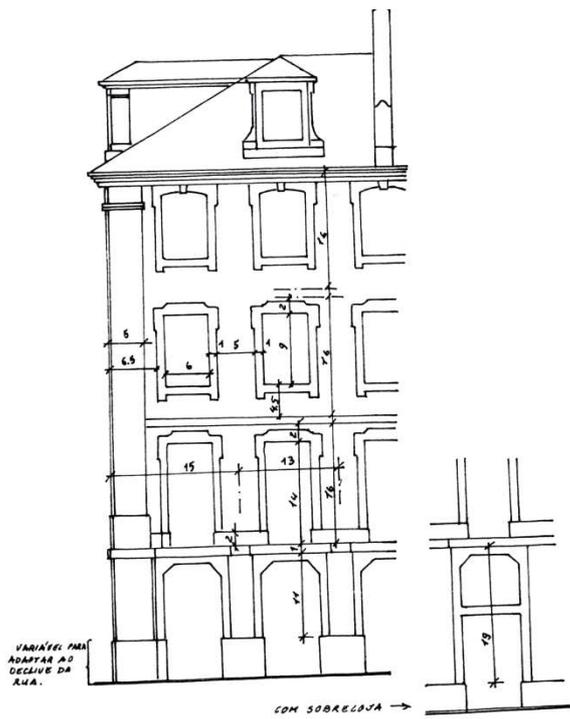


Fig. 05 Uma das fachadas-tipo dimensões múltiplas do palmo.

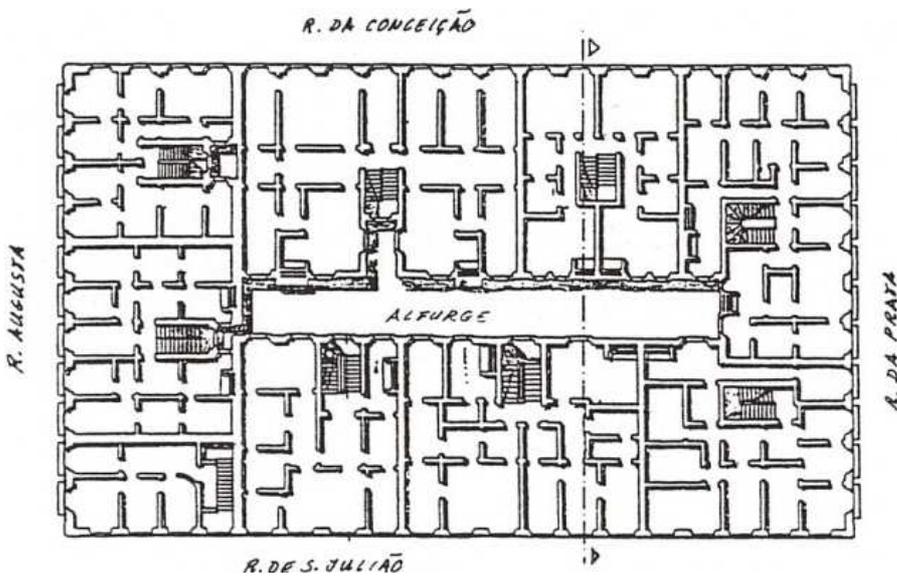


Fig. 06 Planta completa do quarteirão ao nível do 1º andar

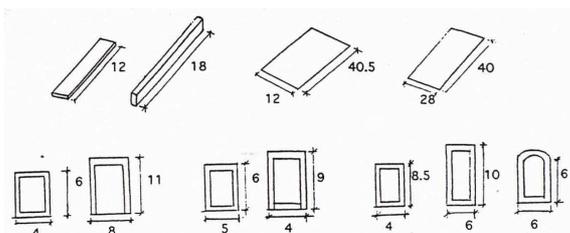


Fig. 07 Componentes referidos no Cartório IV da Baixa, entre 1757 e 1790.

Nos prédios de rendimento<sup>9</sup> – blocos utilitários que marcaram o período pombalino – a fachada foi composta por quatro pisos<sup>10</sup>, podendo distinguir-se, de acordo com José-Augusto França, três espécies – A, B e C. No entanto de acordo com Jorge Mascarenhas existem seis tipos de composições. Em suma ambos afirmam que, apesar das pequenas variações, as fachadas foram rigorosamente impostas<sup>11</sup>, assentes num módulo básico de composição – o palmo. (ver fig.05)

“A cidade, ordenada e rígida, ia nascer”.<sup>12</sup> O rigor tipológico e interiores programados (ver fig.06) não deixam margem para devaneios à excepção das igrejas, cuja reedificação é menos radical.

Os pormenores e os processos técnicos das obras foram determinados na Casa do Risco das Obras Públicas<sup>13</sup>. As principais preocupações dirigiram-se para os aspectos técnicos e construtivos.

Dadas as circunstâncias e a conseqüente necessidade de construir em massa, foi fundamental aproveitar, dentro de um espírito prático, eficiente e normalizador, a mão-de-obra e materiais que escasseavam. Portanto além da rapidez, já referida, a economia foi o outro motor do grande estaleiro de Lisboa. À normalização das plantas e dos alçados devia corresponder um novo sistema de produção serial que “deveria assegurar uma produção de massa, reunindo pessoal e material numa produção racional cuja organização era obviamente indispensável”.<sup>14</sup>

Os planos das novas casas exigiam essa organização, apelando para elementos normalizados produzidos em série em oficinas artesanais montadas

---

<sup>9</sup> “Inspiração seiscentista é evidente, vindo também do século XVII, através de Terzi, algum vocabulário serliano, como o das grandes pilastras dos ângulos. A análise da casa portuguesa se Seiscentos, já ‘quase estandardizada’ põe-nos na presença de edifícios semelhantes, no seu aspecto geral.” FRANÇA, cit 2, p.68.

<sup>10</sup> O primeiro piso com janelas de sacada; os segundo e terceiro com janelas de peitoril e o quarto de águas furtadas.

<sup>11</sup> “ (...) em 16 de Junho de 1759 um alvará proíbe degraus, consolas, mísulas, gelosias, argolas para prender os cavalos...” FRANÇA, cit. 2, p.41.

<sup>12</sup> FRANÇA, cit. 2, p.32.

<sup>13</sup> Estúdio de onde saíam os planos para toda a Lisboa, estabelecida junto ao Arsenal.

<sup>14</sup> FRANÇA, cit. 2, p.57.

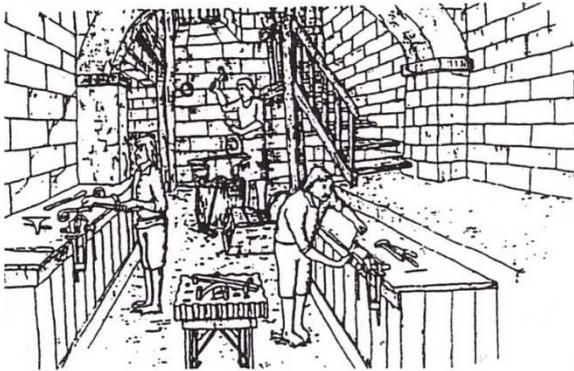


Fig. 08 Recriação de uma oficina de pedreiro da época.

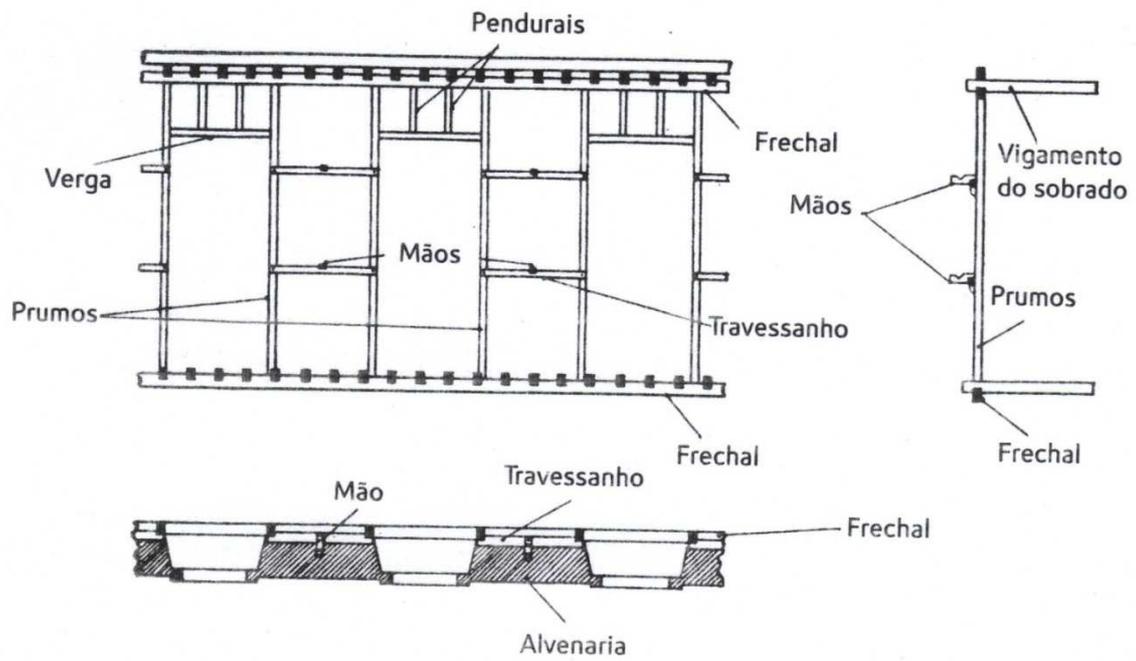


Fig.09 Gaiola pombalina, armação das paredes exteriores.

para o efeito, “disseminadas pela província, sendo depois colocadas numa bolsa de componentes e materiais onde eram vendidos.”<sup>15</sup> (ver fig.07)

A evidência documental e física sugere que alguns componentes chegavam à obra já feitos nas medidas regulamentadas. “As cantarias, os madeiramentos, as ferrarias, as carpintarias, eram transportados até ao seu destino e havia apenas que os montar com um mínimo de tempo de mão-de-obra, e sabendo que já se poupava na matéria-prima”<sup>16</sup>. A qualidade destas peças era porém inferior uma vez que, esta escala de construção seriada não tinha oficinas tradicionais à altura do desafio. (ver fig.08) A produção de componentes construtivos para uso posterior na obra não é uma ideia nova. Este conceito pode encontrar-se na construção através de todas as épocas.

Antes da conclusão das obras, construções provisórias – barracas importadas – fabricadas na Holanda, inundaram a área urbana, que chegavam já prontas a ser montadas. Sugerindo os princípios comuns à pré-fabricação, usados no rápido e económico crescimento da Baixa Pombalina.

Além das preocupações económicas e de rapidez era necessário construir em segurança, tornando os prédios de três e quatro andares resistentes aos abalos sísmicos. Surge então de forma empírica, mas funcional, o sistema dito de ‘gaiola’<sup>17</sup> definido por uma estrutura de madeira tridimensional, associada à alvenaria que, pela sua elasticidade se adapta aos movimentos do solo e esforços horizontais (vento).

“A composição técnica da ‘gaiola’, em termos sucintos, é a seguinte: um jogo de prumos e de travessinhos (secções respectivas: 15 por 13cm e 10 por 13cm), estando estes ligados às paredes por mãos, e as partes superiores dos prumos entre si por frechais, e, nos vãos, pelas vergas e respectivos pendurais. Um sistema de macho-fêmea estabelece a ligação entre estes elementos, que são de

---

<sup>15</sup> MASCARENHAS, cit. 8, p.174.

<sup>16</sup> FRANÇA, José-Augusto, cit.2, p.58.

<sup>17</sup> A autoria é atribuída tradicionalmente a Carlos Mardel.

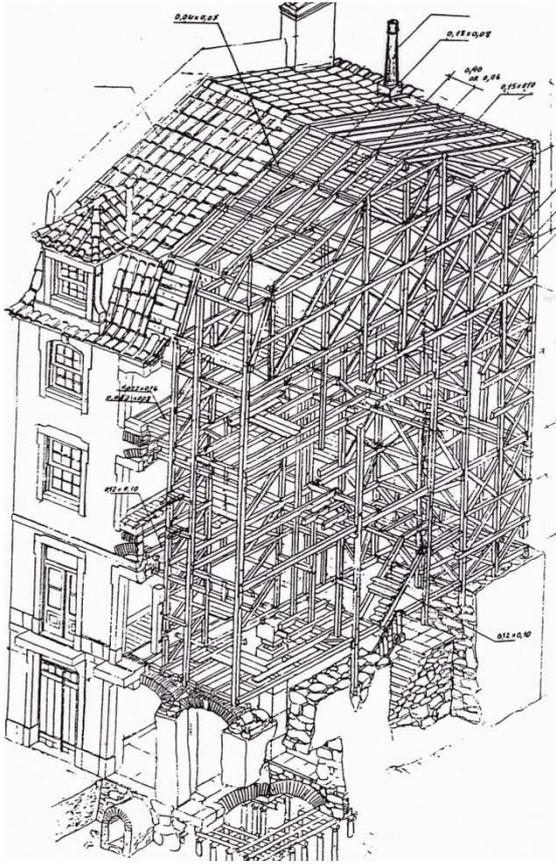


Fig.10 Perspectiva da gaiola (Rua do Ouro, nº85).

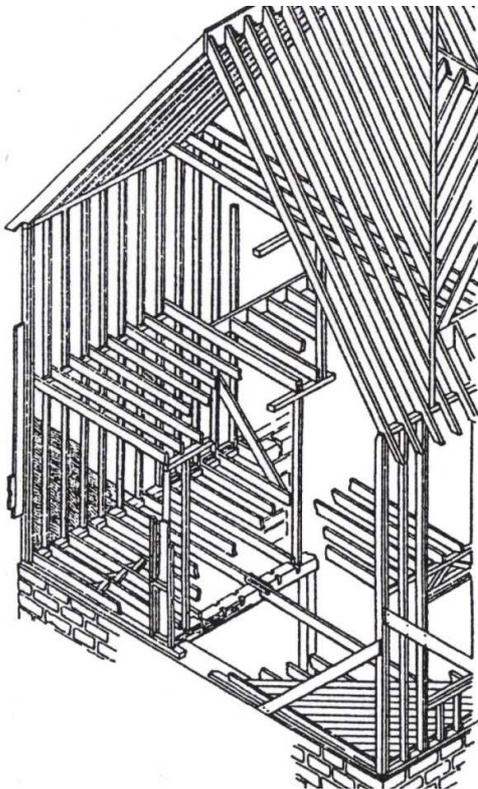


Fig.11 Ballon frame.

madeira de carvalho ou azinho. (ver fig.09 e 10) Processo original, algum parentesco tem com o do “ballon frame”<sup>18</sup>, usado em Chicago desde 1833”<sup>19</sup>. (ver fig. 11) Ambos são sistemas de madeira, sem estrutura principal, compostos por elementos standardizados montados rapidamente mas, distintos em dois aspectos nomeadamente o uso de garras mecanizadas na ligação do esqueleto de madeira, no caso do ‘balloon frame’, em vez dos encaixes da baixa pombalina e o facto dos membros contínuos verticais (‘studs’<sup>20</sup>) da parede exterior, do processo americano, terem a altura total da estrutura, em vez de serem montados piso a piso como na ‘gaiola pombalina’. “A utilização de tramos curtos na gaiola talvez tenha a ver com a escassez de madeira na região de Lisboa e também devido ao facto de permitir modular a gaiola para diferentes alturas de pé-direito ou para intercalar no comprimento das portas.”<sup>21</sup>(ver fig.12)

Dadas as circunstâncias económicas surge um novo mundo propenso à massificação da produção e à sua rentabilidade. No entanto este fenómeno construtivo “ficou isolado, e não teve sequer continuação para além deste período crítico, pois, com o tempo, voltou-se aos métodos habituais, individualizando-se as obras conforme os interesses imediatos dos proprietários e dos construtores”<sup>22</sup>

Quanto à informação, o fenómeno urbanístico lisbonense não teve correspondências. No entanto, foram efectuadas relações posteriores com Blondel, que ambicionava que a arquitectura fosse circunscrita à “simplicidade, proporção e acordo”, e Durand que definiu a “conveniência e a economia”<sup>23</sup> como as fontes inerentes da arquitectura e considerou que “quanto mais simétrico, mais regular e mais simples for, menos dispendioso será”.

---

<sup>18</sup> Inspirado em processos rurais, contribuiu poderosamente para o desenvolvimento da arquitectura doméstica nos Estados Unidos. Processo construtivo mais elástico que a ‘gaiola pombalina’.

<sup>19</sup> FRANÇA, José-Augusto, cit. 2, p.60.

<sup>20</sup> Cujas medidas são, normalmente, 2x6 ou 2x4 polegadas<sup>20</sup> (5,08x15,24cm ou 5,08x10,16) e situam-se a uma distância de 16 polegadas (40,64cm).

<sup>21</sup> MASCARENHAS, cit.8, p.83.

<sup>22</sup> FRANÇA, José-Augusto, cit. 2, p.63.

<sup>23</sup> BENEVOLO, Leonardo – Historia de la Arquitectura moderna. 1987, p.54.

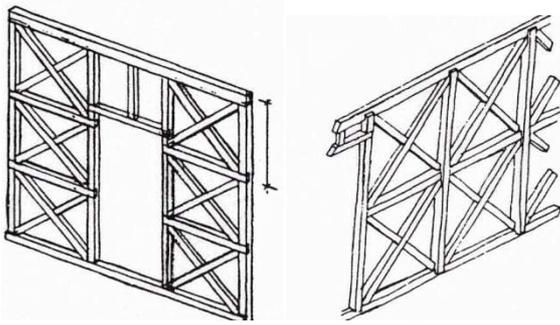


Fig.12 Primeiro andar, pé-direito = três módulos (esquerda).  
Pisos superiores = dois módulos (direita).

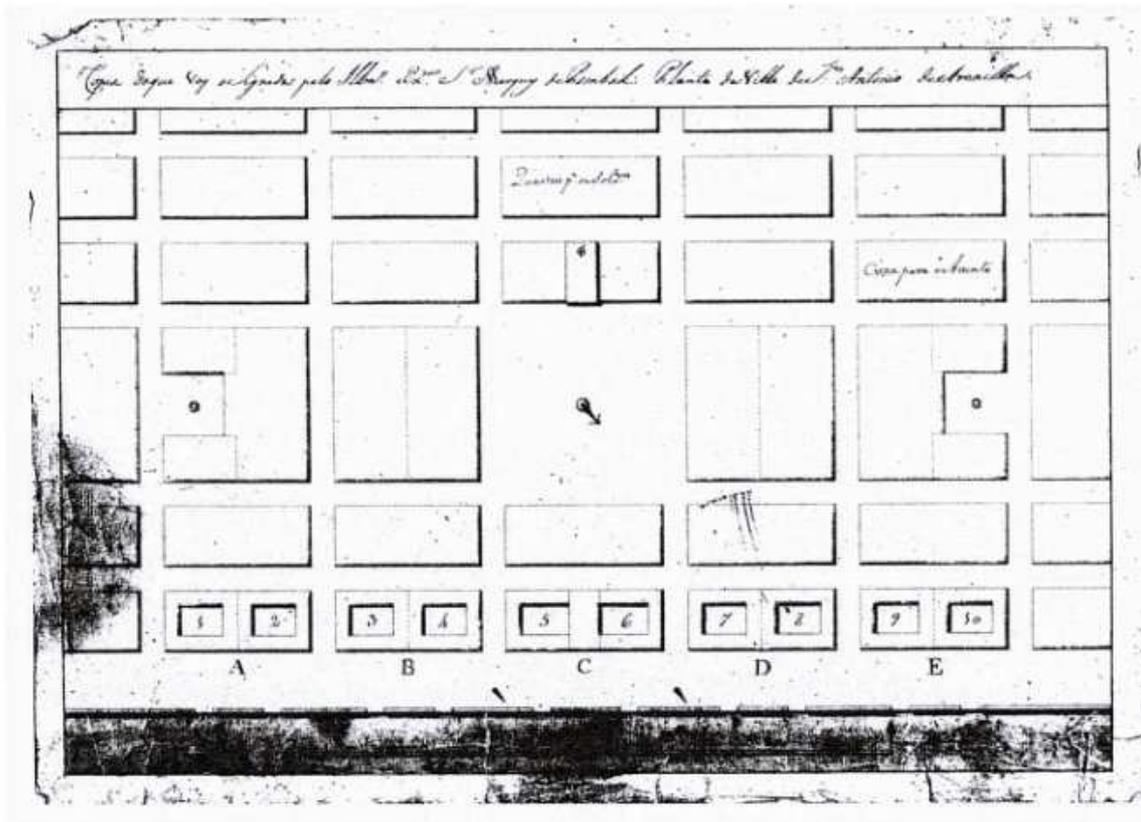


Fig.13 Cópia da 1ª Planta da nova vila, enviada para o Algarve em 1771-1774.

A obra da reedificação de Lisboa não foi acompanhada por um movimento artístico proporcionado.

De acordo com José-Augusto França a projecção prática da reedificação de Lisboa verificou-se mal. No entanto é importante analisar o projecto que Pombal mandou levantar para o sul do país: Vila Real de Santo António no sul do País, em 1773, no sentido de se perceber o contributo e repercussão nacional da organização projectual, racionalização, estandardização, repetição e série empregadas na baixa de Lisboa.

## 1.2. Vila Real de Santo António

Vinte anos depois da reconstrução da capital surge uma outra criação de Pombal, realização sui generis gerada num areal desértico na foz do Guadiana, frente a Espanha. (ver fig.13)

A experiência da reconstrução de Lisboa após o terramoto de 1755 foi, assim, ensaiada em Vila Real de Santo António, “caracterizada pela simplicidade e economia de meios que caracterizam toda a arquitectura pombalina”<sup>24</sup>. Primeiro na planificação uniforme e racionalizada da estrutura urbana, facilitada pelo terreno plano. Em seguida pela utilização de módulos arquitectónicos rígidos, simples e repetidos. E, finalmente, pela seriação de elementos de construção normalizados.

Os motores deste desenvolvimento foram económicos e políticos, ao contrário da baixa pombalina cujo móbil foi uma catástrofe natural.

### **Racionalização, estandardização, repetição e seriação**

“Planeada como um todo orgânico, estruturado em forma rectangular, Vila Real de Santo António tem uma fachada composta de 6 blocos de 240 palmos e

---

<sup>24</sup> CORREIA, José Eduardo Horta - Vila Real de Santo António: urbanismo e poder na política pombalina. 1997, p.157.

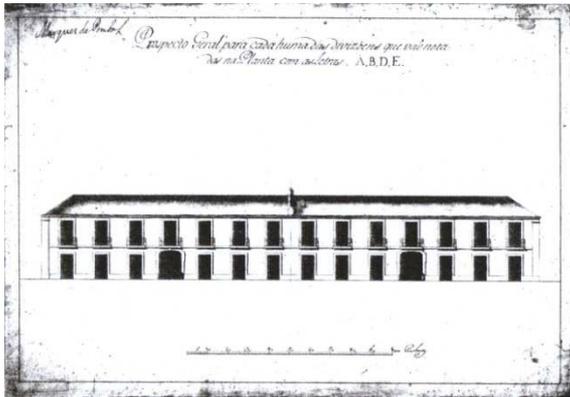


Fig. 14 Alçado de um quarteirão-tipo da Baixa-Mar.

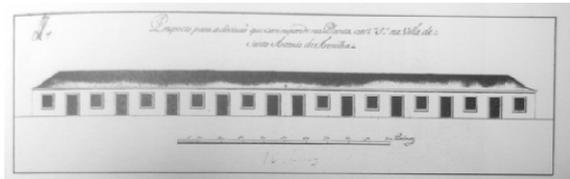


Fig. 15 Alçado de um quarteirão de casas térreas de habitação.

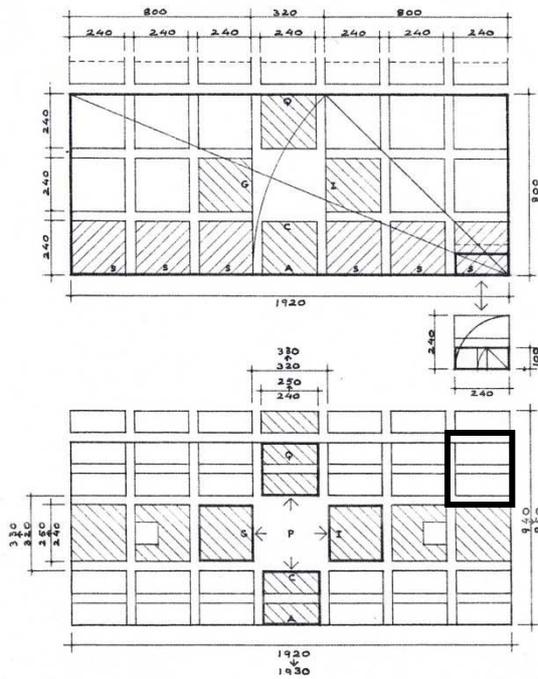


Fig. 16 Interpretações do processo conceptual do plano da fundação da vila.

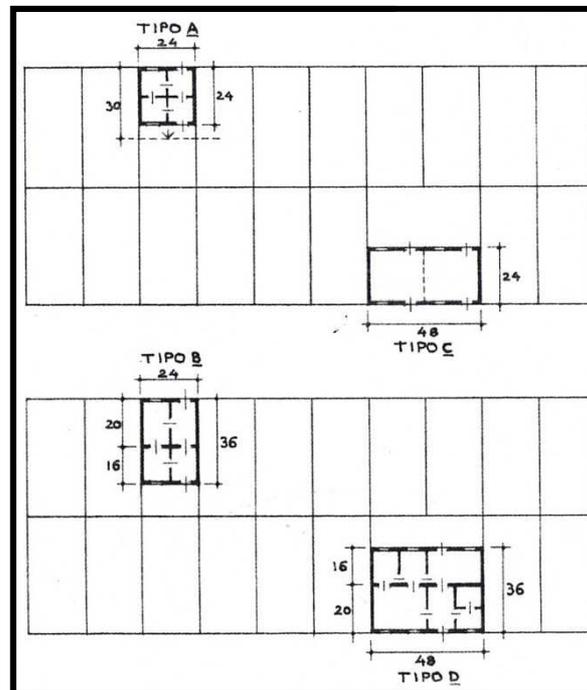


Fig. 17 Esquemas dos tipos de casas térreas.

um de 250 palmos correspondentes aos sete quarteirões da 1ª fila, separados por 6 ruas de 40 palmos, que no seu conjunto se apresenta como se fora a fachada de um palácio [clássico francês].”<sup>25</sup>(ver fig. 14).

Na figura 16 são mostradas interpretações do processo conceptual do plano da fundação da vila. A planta de cima mostra a homotetia planimétrica entre a unidade urbanística, quarteirão (100x40 palmos) e o conjunto urbano significativo (800x1920 palmos). A planta de baixo mostra a ênfase dos eixos urbanísticos e da Praça.

Tudo foi orientado por critérios de economia e rapidez. “Toda a pedra de cantaria, oriunda das pedreiras que forneciam as obras da reedificação de Lisboa, veio da corte já talhada e aparelhada, pronta para ser aplicada.”<sup>26</sup>

“As medidas rigorosamente iguais dos cunhais, socos, degraus, etc., facilitavam a rapidez da construção.”<sup>27</sup>

Uma vez que a nova vila foi implantada em areia e foi pensada para ficar somente com casa térreas, à excepção da Baixa-Mar e da Praça, não justificava que se utilizasse o sistema lisboeta da ‘gaiola’.

Dentro do mesmo sistema modular podem distinguir-se quatro tipos de casas térreas (A, B, C, D). “O módulo é constituído essencialmente por um paralelogramo de 30 palmos de fundo por 24 de largura e com 12 palmos de altura. Este módulo-casa forma a unidade padrão.”<sup>28</sup>

A flexibilidade da estrutura do quarteirão é garantida pelo excessivo tamanho dos quintais (cerca de 70 palmos de comprimento) uma vez que, a planta rígida e acabada prevê a sua redução pela edificação de outra fila de casas com frente para as traseiras. (ver fig.17)

---

<sup>25</sup> CORREIA, cit. 24, p.145.

<sup>26</sup> CORREIA, cit. 24, p.162.

<sup>27</sup> CORREIA, cit. 24, p.163.

<sup>28</sup> CORREIA, cit. 24, 157



### 1.3. Aspectos comuns dos núcleos urbanos

De acordo com Jorge Mascarenhas existem princípios e procedimentos, em relação aos edifícios de rendimento, comuns a outros núcleos fora de Lisboa além de Vila Real de Santo António, nomeadamente Porto Covo, Manique do Intendente e Porto dos Almadas – que não fazem parte do trabalho – criados após o início dos trabalhos em Lisboa, designadamente:

“Todos os núcleos são claramente dominados pelos edifícios de rendimento; os edifícios aparecem sempre agrupados em quarteirões dispostos num traçado urbano de grande rigidez; (...) há ainda uma grande racionalização dos processos construtivos e dos componentes; (...) por fim, ainda que as cantarias dos diferentes núcleos não sejam iguais, existem algumas dimensões comuns para além do palmo ter servido como módulo de referência para diversos componentes.”<sup>29</sup>

---

<sup>29</sup> MASCARENHAS, cit. 7 p.83.



# **Pré-fabricação**

No segundo capítulo da primeira parte deste estudo, analisam-se as bases gerais da pré-fabricação especificando o caso português. Pretende-se ainda enunciar anomalias, condicionantes e vantagens.

## 2.1. Duas grandes vias da construção industrializada

A pré-fabricação é uma das duas grandes vias da construção industrializada<sup>30</sup>. A outra é o Tradicional evoluído ou racionalizado.

Muito se tem dito, no mundo da construção, sobre a definição da industrialização. Todas elas podem ser entendidas na definição de Blâchére<sup>31</sup>: “Em todas as partes da industrialização é a utilização de tecnologias que substituem a habilidade do artesão pelo uso da máquina.”<sup>32</sup> Ou seja, quando se industrializa alteram-se os instrumentos de produção.

O foco da industrialização é produzir um objecto sem mão-de-obra artesanal, com máquinas utilizadas por operários especializados diminuindo assim o tempo despendido em cada etapa construtiva, tendo como resultados: a redução dos custos e dos prazos - economia reflexa; aumento da produtividade e qualidade do produto final.

A industrialização está essencialmente ligada aos conceitos de organização e de produção em série implicando continuidade técnica e de mercado.

---

<sup>30</sup> “Em primeiro lugar a mão de obra e tecnologias artesanais foram substituídas pela máquina, realizada por operários e não por artesãos, e numa segunda fase foi descoberto o interesse de economizar também esta mão-de-obra não qualificada. Entrou-se então na época do taylorismo, de cronometragens e dos ritmos. (...) o resultado da fase dos ritmos é a automatização. BLACHÉRE, G. – Tecnologías de la construcción industrializada. 1977, p.10.

<sup>31</sup> É uma entidade notável dentro do tema da pré-fabricação, tendo escrito vários livros sobre o assunto. Foi presidente do CSTB e do CIB.

<sup>32</sup> BLACHÉRE, G., cit. 30, p.9. (tradução da autora da dissertação)



## **Definição – Tradicional evoluído ou racionalizado**

“Processo em que a produção própria de elementos de construção não é relevante e faz-se normalmente em estaleiro. Utiliza materiais tradicionais ou tradicionais evoluídos colocados em obra com métodos tradicionais, mas também fazendo recurso à utilização de equipamentos especiais (...) Consegue obter maior produtividade através de uma maior racionalização e preparação do trabalho”<sup>33</sup>, em que predominam as tecnologias de construção, executadas no local, com base no betão moldado ‘in situ’.

Esta via da industrialização da construção, tem tido mais aplicação e tem-se sobreposto à pré-fabricação pela sua grande flexibilidade e pela facilidade com que se adapta a um mercado mutável e disseminado, requerendo normalmente menos investimentos.

## **Definição e exigências - Pré-fabricação**

De acordo com o objectivo principal deste capítulo e objectivo geral do trabalho pretende-se definir, com base na bibliografia consultada, o conceito de pré-fabricação, através de algumas citações:

“Organização racional da produção”<sup>34</sup>

“Prefabricação é um método construtivo para a rápida assemblagem de elementos idênticos, previamente manufacturados mecanicamente em linha.”<sup>35</sup>

“Prefabricação é entendida como a manufactura de elementos construtivos afastada do local onde eles serão erigidos e montados.”<sup>36</sup>

---

<sup>33</sup> COLÓQUIO NACIONAL DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO PINTO, 2, - A pré-fabricação na industrialização da construção. 1973, p.9.

<sup>34</sup> BRANCO, José Paz – Algumas notas sobre prefabricação. 1977, p.3.

<sup>35</sup> PINTO, Alberto Reaes – Hygrotermic rehabilitation in the exterior panels of prefabricated building by external insulation composite systems (ETICS) with rendering: Two “case studies” located in Lisbon metropolian area: SAC and QM, 2001, p.12 (tradução da autora da dissertação)

<sup>36</sup> PINTO, cit. 35, p.12. (tradução da autora da dissertação).



“Prefabricação é um método construtivo industrial em que os elementos manufacturados em grandes grupos similares erigidos usando equipamento de elevação.”<sup>37</sup>

“Pré-fabricação é uma forma de industrialização”<sup>38</sup>

O objectivo principal da pré-fabricação é o controlo de três aspectos de construção: qualidade, preço e prazo.

De acordo com Reaes Pinto<sup>39</sup> as exigências de uma aplicação racional das técnicas industrializadas da construção, e em particular da pré-fabricação são:

- os elementos fabricados devem constituir uma significativa percentagem do volume e custos totais da construção;
- obtenção de produtividade elevada, preços competitivos, e de melhores níveis de qualidade em relação à construção convencional e ao tradicional evoluído;
- os elementos pré-fabricados devem facilitar e mesmo contribuir para o desenvolvimento de outras actividades a realizar em obra;
- a incidência do custo dos transportes deve ser baixa em relação ao custo total da construção;
- o tipo de técnicas e materiais aplicados devem adaptar-se aos recursos materiais e humanos existentes no país, bem como ao estágio de desenvolvimento industrial em que aquele se situe;
- continuidade de mercado, dependente de uma realidade económica, das potencialidades do mercado e da forma como a empresa está organizada e organiza a sua produção. O objectivo será assegurar um mercado suficiente que possibilite uma produção contínua, mais do que uma produção em massa, por grandes séries, difícil de se obter nos nossos dias e no nosso mercado.

---

<sup>37</sup> PINTO, cit. 35, p.12. (tradução da autora da dissertação).

<sup>38</sup> PINTO, cit. 35, p.12. (tradução da autora da dissertação).

<sup>39</sup> CONGRESSO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICAÇÃO EM BETÃO, 1, Porto, 2000, p.65.

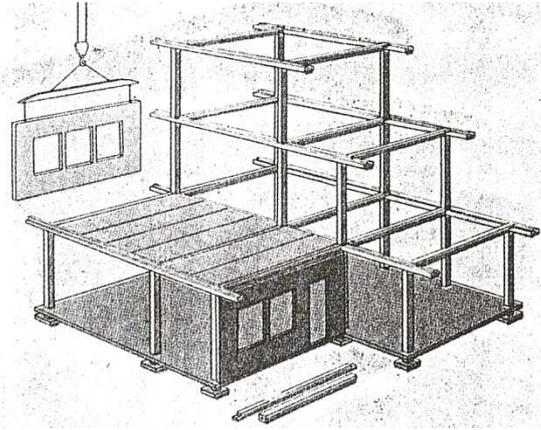


Fig.18 Sistema pré-fabricado plano-linear.



Fig.19 Sistema plano-linear, Aveiro.

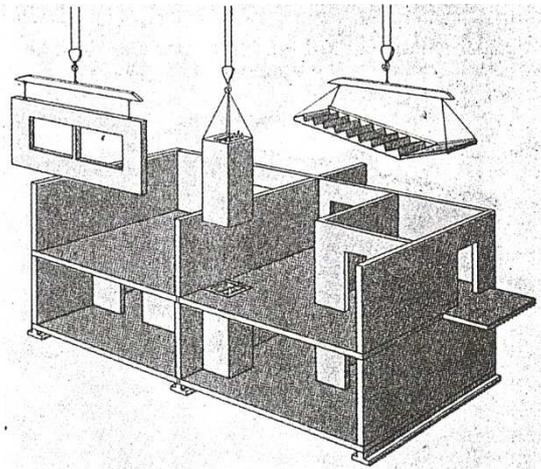


Fig.20 Sistema pré-fabricado plano.

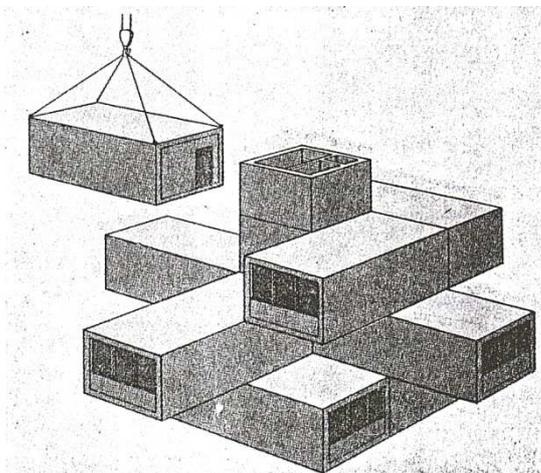


Fig.21 Sistema pré-fabricado tridimensional.

A produção industrializada de elementos é função do volume das séries de produção dependente, em grande parte, da sua maior repetição, assegurada pela normalização dos próprios elementos e ligações que deverá ser conseguida à escala nacional e internacional. É aqui que entra a indispensabilidade da coordenação dimensional a todos os elementos de construção, incluindo as suas ligações, o que envolve também uma tentativa de tipificação de juntas e de tolerâncias, possibilitando a aplicação da pré-fabricação aberta.

Relativamente ao processo construtivo pré-fabricado deve ser assegurada a continuidade técnica - estrutural, espacial e de processos – que permite entender o edifício à base de pré-fabricados de uma forma coerente e não um agregado de elementos.

A função do arquitecto na concepção de edifícios construídos por montagem de elementos fabricados industrialmente é dá máxima importância uma vez que “implica, por parte do autor do projecto, um conhecimento mais directo da técnica, tecnologia e organização da indústria da construção e, por outro lado, das necessidades económicas, sociais e culturais dos utilizadores, exigindo uma grande cooperação entre todos os elementos que participam na equipa de concepção-construção”<sup>40</sup>

A pré-fabricação total ou parcial, pesada ou leve, em sistemas abertos ou fechados tem sido aplicada em processos lineares, planos, plano-lineares e tridimensionais.<sup>41</sup>

---

<sup>40</sup> PINTO, Alberto Reaes – A pré-fabricação na industrialização da construção. (1973), p.471.

<sup>41</sup> O glossário em anexo explica cada um dos tipos e sistemas da pré-fabricação.



Fig.22 Royal Pavilion, Brighton.

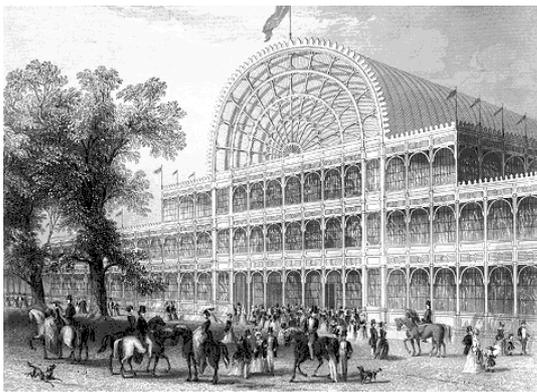


Fig.23 Fachada original, Londres, 1851.

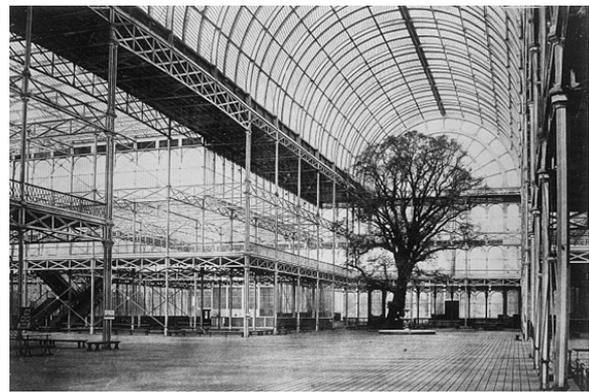


Fig.24 Transepto do palácio de cristal, 1852.

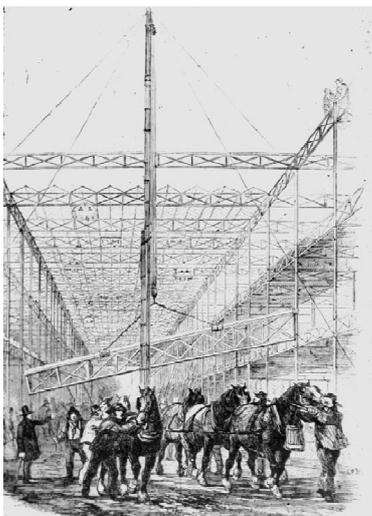


Fig. 25 Palácio de Cristal:  
construção

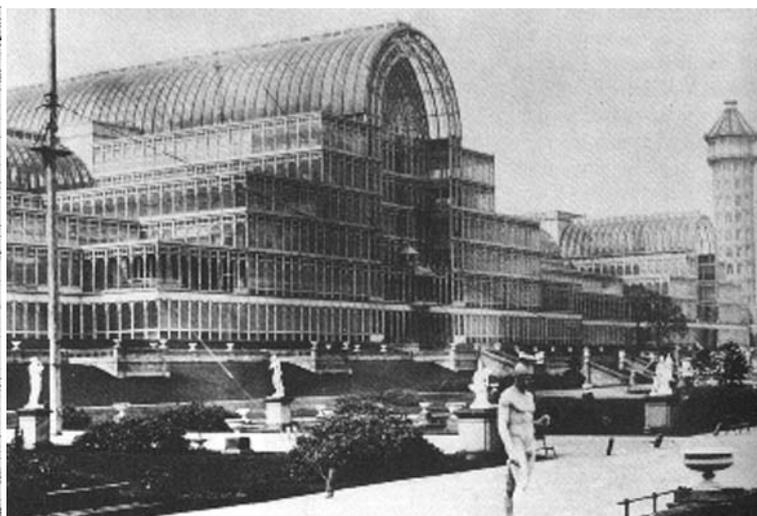


Fig.26 Palácio de Cristal, Sydenham, 1854

## 2.2. Contextualização histórica, económica e arquitectónica

É relevante fazer-se um breve encadeamento dos acontecimentos que conduziram à industrialização da construção uma vez que, como já foi mencionado, a pré-fabricação é uma das suas vias.

As origens da industrialização da construção têm duas fases, uma mais remota e a segunda mais recente marcada pela segunda guerra mundial.

A primeira fase: 'revolução industrial'. Expressão que se aplica às transformações económicas ocorridas na Inglaterra entre os séculos XVIII e XIX, e se refere à fase do desenvolvimento industrial que corresponde à passagem da oficina artesanal para a fábrica. Para os historiadores da economia o período entre 1760 e 1830 é a era da revolução industrial, época que corresponde artisticamente ao estilo arquitectónico neoclássico.

As mudanças produzidas foram: aumento da população, incremento da produção industrial e mecanização dos sistemas de produção.

Os novos materiais empregados nesta época, beneficiados pelos progressos técnicos, foram o ferro fundido e o vidro. O desenvolvimento das estradas de ferro teve influência directa sobre as edificações, por um lado permitindo desvincular a construção dos materiais de proveniência local e por outro, agindo na formação da rede urbana.

As origens longínquas da industrialização da construção, nomeadamente da pré-fabricação, materializam-se no Palácio Real de Brighton (1818) e no Palácio de Cristal (1851), concebidos por John Nash e Joseph Paxton, respectivamente.

Nash utiliza a estrutura de fundição do ferro para o pavilhão, permitindo transmitir leveza e fazer uso da iluminação. (ver fig.22)

Através das Exposições Universais podem distinguir-se os progressos da engenharia na segunda metade do século XIX. A economia do projecto de Paxton teve como bases a pré-fabricação total, a rapidez de montagem e a possibilidade de recuperação total. (fig.23, 24, 25 e 26)

Sendo a industrialização uma das respostas ao aumento da população, devido à acelerada necessidade de habitação, surge em Chicago a técnica



construtiva em madeira – ‘balloon frame’<sup>42</sup> (já referida no capítulo anterior, devido a algumas semelhanças com a ‘gaiola pombalina’) – sob a influência da carpintaria dos edifícios coloniais e da tradição norte-americana matemática e económica. Esta técnica possibilita a exploração da produção industrial da madeira e não requer mão-de-obra especializada, permitindo que qualquer pessoa possa montar a sua própria casa.

“Trata-se de uma estrutura sem a habitual hierarquia de elementos principais e secundários unidos por encaixes, mas sim baseado em várias tiras delgadas de dimensões normalizadas colocadas a distâncias moduladas e fixadas com simples unhas; os vãos (...) são necessariamente múltiplos do módulo fundamental; (...) tábuas na diagonal asseguram a resistência ao vento da estrutura.”<sup>43</sup> (fig.11) Poderão ter surgido aqui as primeiras casas pré-fabricadas, cujo material de eleição foi a madeira, como matéria-prima mais acessível. A invenção de Snow constitui uma aplicação característica do conceito americano – *standard* – na arquitectura. Consiste num sistema de construção, produto da Revolução Industrial Americana, e uma versão deste – *platform framing* – continua a ser usado como o principal meio das construções em madeira nos E.U.A.<sup>44</sup>

A segunda fase foi marcada pelas duas Guerras Mundiais e por algumas inovações técnicas que “têm influência sobre as técnicas de construção, como os novos materiais usados nas estruturas portantes – o aço, que substitui a fundição e o betão armado”<sup>45</sup>

Conhecido por consequências destrutivas para a economia, o pós I Guerra Mundial (1914-1919) não desmotivou os arquitectos racionalistas e as correntes construtivistas, que se mostraram confiantes em reparar o sistema tecnológico.

Formou-se entre as duas Guerras Mundiais o Movimento Moderno na Europa, que se afirmou depois da II Guerra Mundial, sendo uma das suas bases a industrialização da construção, servindo-se dos novos materiais e incorporando

---

<sup>42</sup> Invenção deve-se, provavelmente, a George Washington Snow – empresário e comerciante de madeira em Chicago.

<sup>43</sup> BENEVOLO - Historia de la Arquitectura moderna. 1990, p.243. (tradução da autora da dissertação).

<sup>44</sup> Desde 1976, encontram-se regulamentados os diversos tipos de habitações pré-fabricadas.

<sup>45</sup> BENEVOLO, cit.43, p.404. (tradução da autora da dissertação).

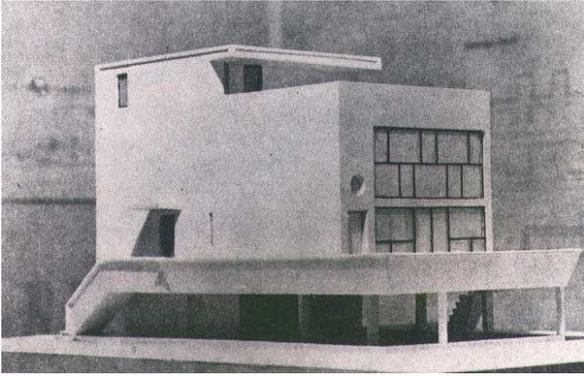


Fig.27 Maquete 'Maison Citrohan', LC, 1921.

novos sistemas. Foi marcado por iniciativas de Le Corbusier, Richard Buckminster Fuller, Walter Gropius com Konrad Wachsmann e Marcel Lods com Beaudouin. Tentativas que foram pouco além das expectativas dos seus autores pela falta de viabilidade económica dos sistemas de pré-fabricação em vigor.

Ao nível da utilização dos materiais, distinguem-se três padrões. Primeiro, o processo de industrialização aplicado a alguns materiais, tais como a alvenaria de pedra, a madeira e o vidro, o que potenciou a facilidade de acesso e a maior eficácia destes materiais. Segundo, a crescente utilização do tijolo e depois do betão<sup>46</sup>, o que levou à substituição dos materiais tradicionais. E em terceiro, “a mais importante influência foi protagonizada pelos materiais estruturais: o ferro, o aço e o betão armado. Foram eles que permitiram o desenvolvimento das novas formas de edificação, que por sua vez respondiam às também novas necessidades de um mundo em modernização.”<sup>47</sup>

As práticas utilizadas por Le Corbusier (LC) para propagar os seus ideais assentavam na exposição, na sua revista “L’*Spirit Nouveau*”, não só dos seus projectos mas, também, de catálogos industriais e folhetos publicitários de fábricas. Colomina<sup>48</sup> observa que ao inserir imagens de aviões nos seus textos, tem como propósito a inserção da arquitectura moderna dentro do processo produtivo industrial. A ‘*Maison Citrohan*’ (afinidade fonética com a marca de automóveis Citroën), desenhada para ser construída em série com 72m<sup>2</sup> e esqueleto em betão, (ver fig.27) foi projectada em 1921 e é o exemplo emblemático da ‘*machine à habiter*’, frase que “não só proclamou um princípio estético, como reconheceu, na sua admiração pela engenharia, a integração indispensável dos sistemas na construção moderna.”<sup>49</sup>

Impregnado no ambiente de mudança em que Richard Buckminster Fuller (RBF) estava inserido, numa primeira observação dos seus projectos, vai buscar

---

<sup>46</sup> O cimento ‘Portland’ trouxe consideráveis progressos no domínio da solidez das construções. Entretanto as qualidades de robustez do betão foram ainda mais potenciadas com a utilização de armaduras metálicas, primeiro com o ferro depois com o aço: o betão armado.

<sup>47</sup> TOSTÕES, Ana – *Construção moderna: as grandes mudanças do século XX*. Disponível em WWW: URL:[http://in3.dem.ist.utl.pt/msc\\_04history/aula\\_5\\_b.pdf](http://in3.dem.ist.utl.pt/msc_04history/aula_5_b.pdf)>, p.2

<sup>48</sup> COLOMINA, Beatriz - *Privacy and publicity: modern architecture as mass media*. 1998.

<sup>49</sup> TOSTÕES, cit.47, p.3.

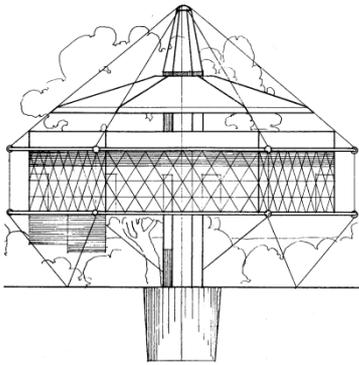


Fig. 28 Alçado e planta da 'Dymaxion house', RBF, 1927.

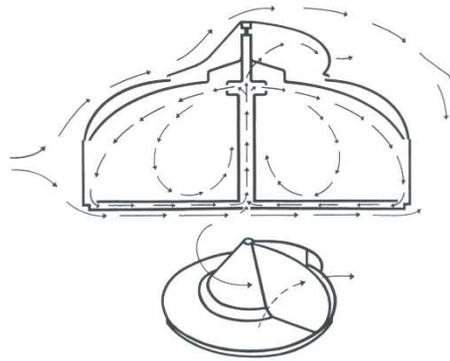
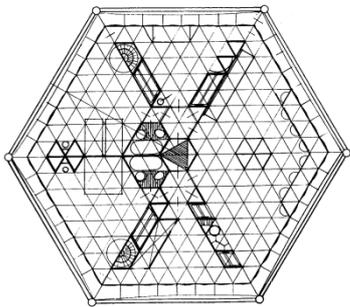


Fig.29 Esquema de ventilação e planta 'Wichita house', RBF, 1944

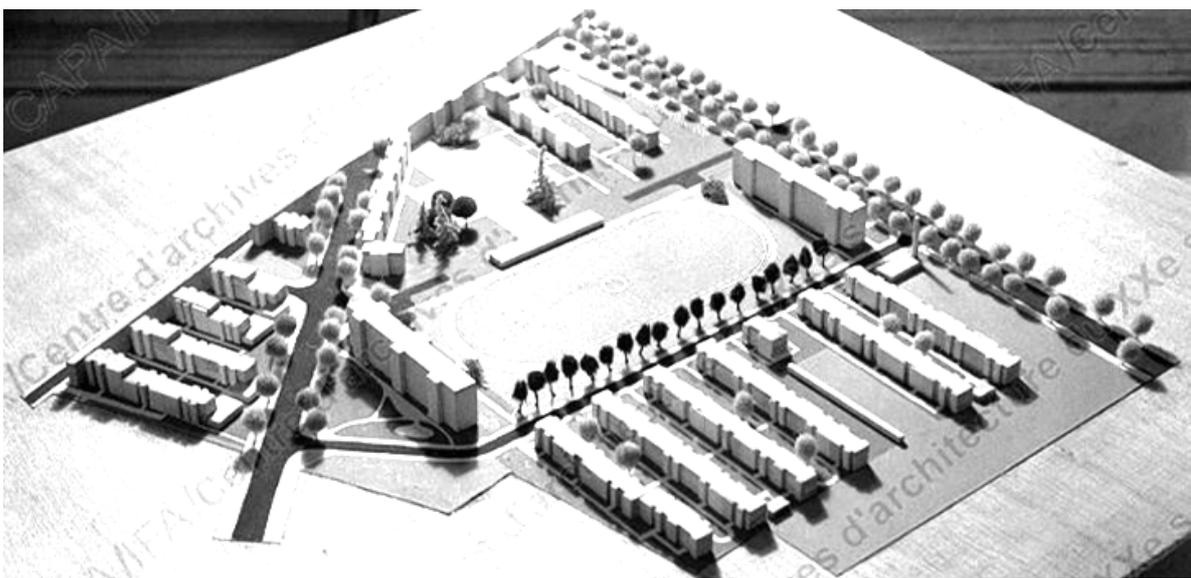
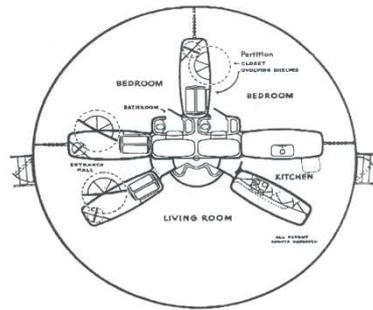


Fig.30 Maquete da 'Cité du Champ-des-Oiseaux', em Bagneux.

muito aos funcionalistas, mas não no sentido formal pois rejeita o plano ortogonal. Apesar de não ter diploma de arquitecto, o seu primeiro projecto de uma habitação era uma aplicação prática de tudo o que se fazia à data na tecnologia de ponta, com base em ideias como produzir mais quantidade por menos custo, esforço, tempo e impacto ambiental, resumidas no objectivo “mais com menos”, ou como incluir no projecto uma dimensão temporal. Processo projectual caracterizado pela procura de globalização, solta de particularidades, no sentido de resolver a habitação económica e acessível às maiorias como LC e a ligação à natureza e utilização de materiais estandardizados, como Mies Van der Rohe. Observem-se os exemplos dos módulos habitacionais «dymaxion house» (1927) e «wichita house» (1944), projectados para serem totalmente produzidos em fábrica, aproximando-se do objecto industrial. (ver figs. 28 e 29)

A «Pachaged House», baseada no General Panel System (1941-1952), de Walter Gropius e Konrad Wachsmann, foi produzida industrialmente por uma empresa americana, a General Panel Corporation, e representou o apogeu das casas compostas por painéis de madeira.

Os associados Lods e Beaudouin projectaram as primeiras casas pré-fabricadas desenvolvendo um projecto para a “Cité du Champ-des-Oiseaux” em Bagneux (1927-1978), França. (ver figs. 30, 31 e 32)

“Foram, porém, as grandes carências de edifícios resultantes da destruição maciça das cidades por bombardeamento, da grande explosão demográfica e da concentração industrial nas grandes cidades, depois da 2ª Guerra Mundial [1939-1945], que viabilizaram economicamente e foram o motor do desenvolvimento da construção industrializada e nomeadamente da pré-fabricação.”<sup>50</sup>

De acordo com Reaes Pinto depois do período das duas Guerras Mundiais, a evolução da pré-fabricação, de uma maneira geral, e nomeadamente em França, fez-se através de dois grandes períodos:

- O primeiro, de 1947 até meados da década de 70, assinalado: pela viabilidade económica; pela implementação de legislação técnica; pela massificação da construção; “pela utilização da pré-fabricação fechada, por grandes e pesados

---

<sup>50</sup> CONGRESSO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICAÇÃO EM BETÃO, cit. 39, p.60.



Fig.31 Exterior de um dos edifícios da 'Cité du Champ-des-Oiseaux' em Bagneux



Fig.32 Esqueleto metálico da 'Cité du Champ-des-Oiseaux' em Bagneux.

- painéis e por estaleiros de grande dimensão, com grande número de fogos. (...)
- O segundo período, a partir de meados da década de 70, em que a qualidade se foi sobrepondo à quantidade. (...) Assiste-se, por toda a Europa, a pouco e pouco ao encerramento das grandes fábricas de pré-fabricação. (...) No entanto, a partir da década de 90, assiste-se a um ressurgimento das técnicas de pré-fabricação de painéis de betão predominantemente em edifícios de hotéis e industriais.”<sup>51</sup>

### 2.3. Racionalização, integração

A racionalização é indispensável na industrialização. “Racionalizar a produção quer dizer estudar os métodos de produção, a fim de reduzir o tempo de trabalho, com vista a conseguir melhor produtividade.

Esta preocupação é completamente independente da industrialização (...) e pode muito bem aparecer no artesanato.”<sup>52</sup> Como se verificou no capítulo anterior, os núcleos pombalinos assentam sobre um sistema construtivo tradicional/convencional, com base na racionalização de processos.

A pré-fabricação deve implicar a racionalização dos processos, materiais e mão-de-obra. No entanto, é importante esclarecer que, apesar da racionalização ser uma condiscípula da industrialização não é uma condição, uma vez que “se podem encontrar produções industriais que estão muito mal organizadas”<sup>53</sup>.

O mecanismo de racionalização deve ser assimilado no momento subjectivo do projecto, englobando a produção e a organização que não devem ser encarados como simples instrumentos mas, como parte de um plano global.

---

<sup>51</sup> CONGRESSO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICAÇÃO EM BETÃO, cit. 39, p.60-61.

<sup>52</sup> BLACHÉRE, cit. 30, p.9.

<sup>53</sup> BLACHÉRE, cit.30, p.10.



Assim como a racionalização, associa-se à industrialização a necessidade de integração. “A este respeito considera-se que a correcta transmissão desde a concepção, pela via de eleição de métodos até a execução, deveria ser uma preocupação constante. Quer se utilizem ou não métodos industrializados, a necessidade é a mesma, e isto não é uma característica essencial da industrialização”<sup>54</sup>

Em suma, a produção racionalizada, a maior ou menor integração da equipa, o local onde se trabalha, o fabrico de objectos de nova concepção ou a utilização de materiais mais ou menos atractivos “são circunstâncias que não são estranhas à industrialização, mas tão pouco constituem a sua essência.”<sup>55</sup>

#### 2.4. **Standard/Normalização**

De acordo com Le Corbusier (LC), “Deve tender-se ao estabelecimento de standards para enfrentar a perfeição.”<sup>56</sup>

Os *standards*<sup>57</sup> são os sucessores modernos das normas antigas. É um processo que visa a homogeneização da produção, garantindo qualidade e

---

<sup>54</sup> BLACHÉRE, cit.30, p.10.

<sup>55</sup> BLACHÉRE, cit.30, p.10.

<sup>56</sup> CORBUSIER, Le - Vers une architecture. 1995, p. XXV

<sup>57</sup> “O termo estandarte referia-se inicialmente à ideia de bandeira, símbolo de distinção e autoridade, em torno da qual se uniam um conjunto de homens ou uma comunidade. No fim da Idade Média passou a servir para designar o instrumento de medida-padrão, aquele que legitimava os instrumentos de medida de uso corrente (...) Rapidamente passou a servir para designar qualquer unidade de medida, de qualquer natureza. Posteriormente deixou de estar estritamente relacionado com uma unidade física, um objecto-padrão tangível, para passar a estar relacionado com conceitos mais vastos como ‘critério’, ‘referência’, ou ‘nível de excelência’”. MONTEIRO, Pedro – Unidade Mínima – casa, equipamento, sistemas. 1998, p.80.



Fig.33 Metro-Padrão (1797-99).

eficiência económica, possibilitando a satisfação de necessidades iguais com meios iguais ou seja, a forma normalizada é impessoal.

O engenho do arquitecto reside na inteligente forma de usar os *standards* sem interromper a criatividade, aproveitando os prós do produto normalizado em prol da arquitectura.

Desde cedo o Homem se viu confrontado com a necessidade de regular as suas actividades quotidianas recorrendo à definição de unidades de medida normalizadas e componentes estandardizados, assim como se analisou no capítulo anterior no caso dos núcleos pombalinos.

No entanto, só com a Revolução Francesa nasce o pensamento que passa a estabelecer, relacionar e unificar as unidades de medida por decreto. A busca por padrões definíveis e estáveis, de pesos e medidas, culminou em 1790 na França na proposta de criação do metro como a nova unidade decimal de comprimento. (ver fig.33)

“Em 1875 no Tratado do Metro, assinado em Paris por 18 nações, eram definidas unidades de peso e medida, e criava-se a Conferência Général de Poids et Mesures (CGPM) (...) Após o estabelecimento do sistema internacional de medidas (Internacional System of Units – SI) em 1960 e aceitação dos países da Commonwealth (...) das normas do sistema métrico, apenas os Estados Unidos, a Libéria e a Birmânia se mantêm divorciados do seu uso na vida quotidiana.”<sup>58</sup>

“São a industrialização e globalização das trocas comerciais que estão na origem da indispensabilidade da normalização”<sup>59</sup>

A normalização permite a elaboração de normas legais e regulamentos que têm como objectivo defender um padrão de qualidade de vida, o que passa pela definição de um mínimo e pela sua oficialização. A limitação de variantes conduz directamente à normalização.

Tal como a ergonomia, disciplina de carácter científico baseada nas dimensões do homem, emerge deste entendimento o mais famoso livro de Ernest Neufert, “Bauentwurfslehre”<sup>60</sup> (1936), livro a que os

---

<sup>58</sup> MONTEIRO, cit. 57, p.81.

<sup>59</sup> MONTEIRO, cit. 57, p.83.

<sup>60</sup> Teve como propósito a aceitação de uma nova forma de projectar, que se apoiava num manual que já não era um catálogo de estilos

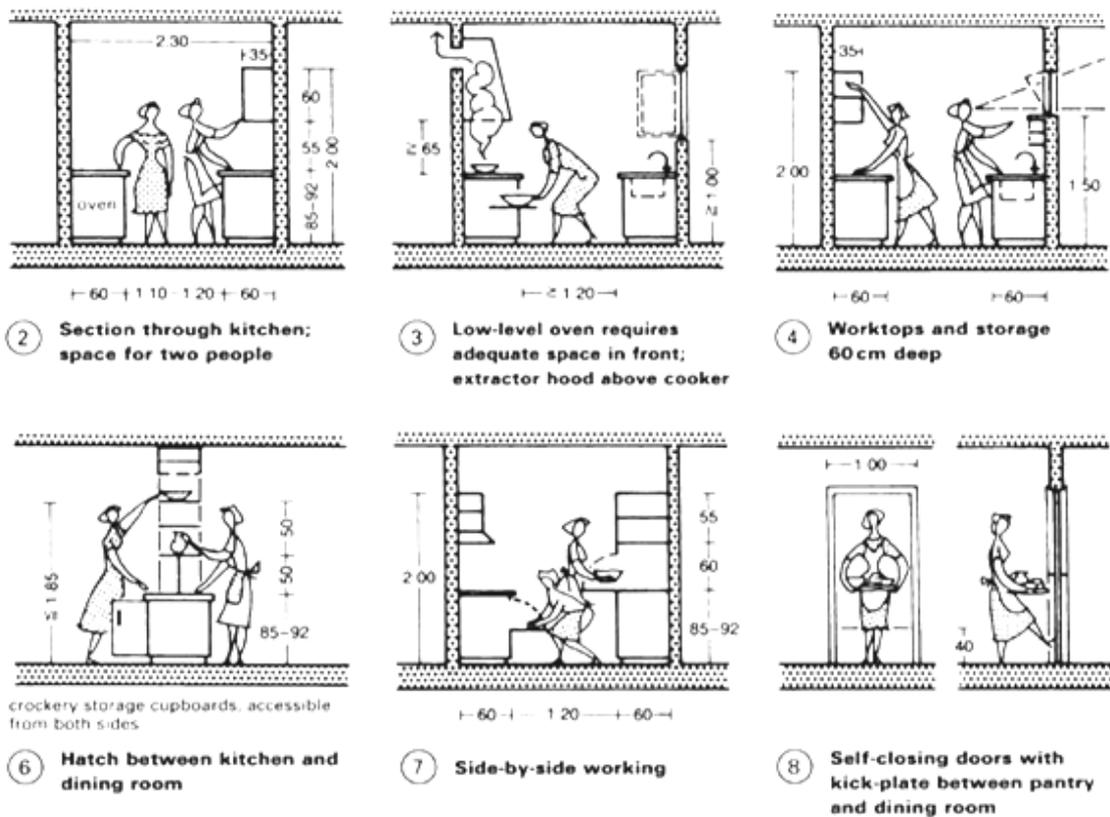


Fig.34 Cozinha, manual de Ernest Neufert.

arquitectos recorriam, sempre que se confrontavam com a ideia de um mínimo, até hoje utilizado. Outro exemplo deste tipo de manualística é o Modular Metric Handbook (1970), como forma de solucionar os problemas decorrentes da mudança do sistema nacional inglês de medidas pé/polegada<sup>61</sup> para o métrico.

Ilustra-se o exemplo da cozinha como ambiente em que se desenvolvem os estudos mais racionais, para obter, no espaço mínimo, a máxima comodidade e o perfeito funcionamento. (ver fig.34).

“A produção industrializada de elementos é função do volume das séries de produção, dependendo em grande parte da sua maior repetição. Para tal é indispensável a utilização de uma normalização dos próprios elementos”<sup>62</sup>

De acordo com Alberto Reaes Pinto, a produção normalizada pode ser encarada de duas maneiras:

a) Método dos elementos

“Normalização dos elementos de construção estudados e concebidos para responder às necessidades dos utilizadores de variados tipos de edifícios (...) maior versatilidade dos painéis-tipo, no sentido da sua polivalência (...) o autor do projecto escolhe e utiliza estes elementos... ‘de catálogo’, concebendo livremente o tipo de edifício que pretende e ficando apenas limitado pelas características desses mesmos elementos-tipo – o que se designa por pré-fabricação aberta.”<sup>63</sup>

b) Método dos modelos – normalização do produto final: edifício

“O projectista utiliza um sistema de construção completo – pré-fabricação fechada, em que todos os elementos de um edifício foram estudados e concebidos para se adaptarem entre si, segundo um determinado projecto, e só esse.

---

<sup>61</sup> Polegada (inch) – in. ou “ = 2,54cm; Pé (foot) – ft. ou ‘ = 12 polegadas = 30,48cm; Jarda (yards) = 36 polegadas = 3 pés = 91,44cm.

<sup>62</sup> COLÓQUIO NACIONAL DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO PINTO, cit.31, p.21.

<sup>63</sup> COLÓQUIO NACIONAL DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO PINTO, cit.31, p.21.



Fig.35 O bungalow de alumínio AIROH do Programa de habitação temporária.



Fig.36 Produção em série das secções da AIROH



Fig.36 Uma das quatro secções da casa de alumínio temporária, AIROH.



Fig.38 Exterior do bungalow ARCON.

Este método exige uma grande repetição para que a fabricação em série de cada elemento seja rentável.”<sup>64</sup>

## 2.5. Série

“O estado espírito de construir casas em série, o estado espírito de habitar casas em série, o estado espírito de conceber casas em série.”<sup>65</sup>

A habitação de baixo custo, com base em modelos de mínimos, é um dos motivos da produção em série.

“As tecnologias mecanizadas pedem séries de produção muito variadas para serem rentáveis. Algumas exigem que se realizem 5000 exemplares da mesma peça, e outras 1000 ou 500 pelo menos”<sup>66</sup> Portanto, a pré-fabricação só tem sentido se, se encerrar a solução ou parte da solução.

Algumas experiências pontuais foram levadas a cabo nos países mais afectados pela II Guerra Mundial, como no caso francês das encomendas feitas a Jean Prouvé para Vosges e Limoges, e o caso inglês da casa AIROH (Aircraft Industry Research Organization on Housing) em que a indústria da guerra foi posta ao serviço da construção da habitação. A AIROH<sup>67</sup> foi um dos tipos de bungalows aceite para produção, fazendo parte do programa de habitação temporária. (ver figs.35, 36 e 37) Ao programa AIROH, sucederam-se os programas ARCON (ver fig.38) e PORTAL, que deram origem a mais de 46000 casas entre 1945 e 1948.

No entanto assim como a racionalização, a integração, a estandardização também a série não é uma característica exclusiva da pré-fabricação.

---

<sup>64</sup> COLÓQUIO NACIONAL DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO PINTO, cit.33, p.24,

<sup>65</sup> CORBUSIER, cit. 56, p.189.

<sup>66</sup> BLACHÉRE, cit. 30, p.9

<sup>67</sup> Composta por quatro secções de 2,25 metros de largura cada. Medida estabelecida pelo máximo possível para ser transportada de camião.



De acordo com Blâchére, “por exemplo, quando um fabricante, em sua casa, faz tapetes à mão, considera-se artesanato, mas, se fizer tapetes numa oficina com calefação e bem iluminada considera-se indústria. Está claro que o que o artesanato faz é o tapete à mão, e só o tapete mecânico feito à máquina, é industrial. Não é o lugar onde se fabrica que marca a diferença, mas a tecnologia que se utiliza (...) Se numerosos artífices fazem à mão tapetes idênticos, nada é alterado, e a produção é sempre artesanal. Simplesmente (...) se perdeu a vantagem da variedade própria do artesanato.

Assim a série por ela mesma não é industrialização”<sup>68</sup>

## 2.6. Flexibilidade e tendências

“As empresas de pré-fabricação deverão organizar-se em termos de obter continuidade de trabalho, através da diversificação e flexibilidade da sua produção, com inovação e criatividade, em moldes competitivos e de qualidade.”<sup>69</sup>

Do ponto de vista da máxima optimização do processo industrial, a repetição de partes do edifício, com o desenvolvimento de um catálogo de peças pré-fabricadas tão reduzido quanto possível, torna-se o melhor mercado.

A pré-fabricação deve ser mais dirigida em função de elementos de menores dimensões, em que a evolução dos sistemas de pré-fabricação aberta deverá ser feita de componentes intermutáveis segundo um acordo dimensional. Um dos exemplos deste género de componentes é a laje/painel de betão alveolar<sup>70</sup>, “compatível com diferentes sistemas de suporte e utilizável como

---

<sup>68</sup> BLACHÉRE, cit. 30, p.9 (tradução da autora da dissertação).

<sup>69</sup> CONGRESSO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICAÇÃO EM BETÃO, cit. 39, p.59

<sup>70</sup> A Laje alveolar é constituída por painéis pré-fabricados de betão pré-esforçado, aligeirados por meio de alvéolos longitudinais.

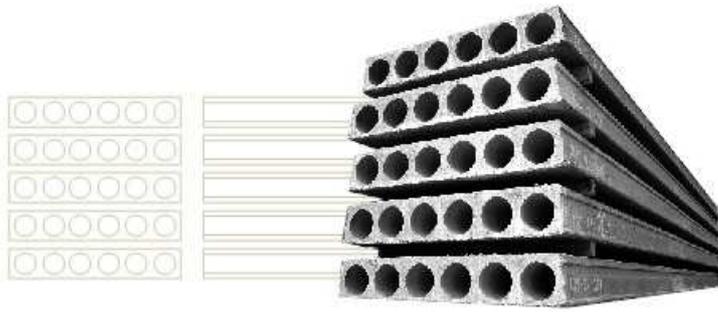


Fig.39 Laje alveolada (pretlanti - lajes e paineis alveolados).

estrutura e como plano de encerramento na cobertura ou paramentos.”<sup>71</sup> (ver fig. 39)

“As tecnologias e a sua evolução, que tendem no sentido da industrialização, não podem deixar de ser influenciadas por vectores muito importantes como a qualidade, a produtividade, a energia, o conforto, a informática, o respeito pelo ambiente, a maior duração dos edifícios, a reutilização, e a reciclagem de materiais que constituem os edifícios (...)

Concepção de componentes pré-fabricados mais leves e flexíveis, facilmente montáveis e desmontáveis, que possam ser desmantelados e consequentemente reutilizados e reciclados dentro de uma óptica sustentável.”<sup>72</sup>

## **2.7. Anomalias e condicionantes**

“A aplicação de novas tecnologias e dos novos materiais na construção industrializada, nomeadamente na pré-fabricação, nem sempre foi objecto de uma investigação oportuna e testada pelo tempo. A necessidade de lançar rapidamente os processos construtivos e de construir depressa, deram origem a um aumento de anomalias (comparativamente aos processos de construção tradicional, testados longamente pelo tempo) na construção pré-fabricada, que têm conduzido à degradação precoce dos edifícios e à redução do seu ciclo de vida.”<sup>73</sup>

Sendo a pré-fabricação um sistema de juntas podem verificar-se anomalias ao nível da entrada de humidades pelo exterior através das juntas de ligação entre

---

<sup>71</sup> FILIPE, Ana Lúcia Ferreira – ALFF um sistema modular pré-fabricado do tipo "caixa" para edifícios de habitação. 2004.

<sup>72</sup> CONGRESSO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICAÇÃO EM BETÃO, cit. 39, p.61-62.

<sup>73</sup> CONGRESSO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICAÇÃO EM BETÃO, cit. 39, p.62.



Fig.40 Incorrecta montagem de painéis exteriores.  
As juntas não estão paralelas, pondo a causa a estanquicidade.



Fig. 41 Montagem de painéis no local. Santo António dos Cavaleiros, construção da empresa ICESA.

dois painéis. As causas são: o fabrico incorrecto<sup>74</sup> e a montagem incorrecta.<sup>75</sup> (ver fig.40)

Relativamente ao desenho das vertentes da pré-fabricação é importante estudar as condicionantes, sobretudo da vertente plana e da vertente tridimensional.

- a) Condicionantes do desenho da vertente plana (painéis):
- o espaçamento entre os elementos verticais de suporte;
  - a localização das infra-estruturas técnicas;
  - a localização das áreas de serviço;
  - a localização e dimensionamento dos painéis estruturais;
  - a localização e desenho do bloco de escadas;
  - o processo de montagem; (ver fig.41)
  - o desenho das fachadas;
  - o meio de transporte.
- b) Condicionantes do desenho da vertente tridimensional (caixa):
- peso e volume;

---

<sup>74</sup> “Quando os painéis são executados em moldes que não estão em esquadria (...) daí resultando que os bordos dos painéis não vão ficar paralelos e não comprimem regularmente os materiais de vedação”<sup>74</sup> CONGRESSO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICAÇÃO EM BETÃO, cit. 39, p.62.

<sup>75</sup> “Mesmo com painéis esquadriados de fabrico, mas em que a montagem é deficiente e os bordos dos painéis não ficam paralelos, com as consequências sobre os vedantes [referidas na nota de rodapé anterior]. Quando os painéis são montados com os bordos paralelos, mas a compressão do vedante, segundo as tolerâncias próprias do material. Quando na fase da montagem se entopem os canais de descompressão das juntas, ou os tubos de drenagem, por má execução. Quando, em certo tipo de juntas, as telas de impermeabilização, posicionadas no seu interior, são mal colocadas ou/e mal aderidas” CONGRESSO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICAÇÃO EM BETÃO, cit. 39, p.62.



Fig.42 Estaleiro, Habitat 67.

- a caracterização física do local, que determina o tipo de material que poderá ser utilizado no fabrico do módulo e é ainda indicador do meio de transporte a utilizar para mover os módulos da fábrica para a obra;
- a forma como os módulos são sobrepostos: cada unidade se suporta a si própria e às unidades interligadas; as unidades são inseridas e suportadas por um sistema estrutural independente (por exemplo a «Nakagin Tower», estudada no capítulo 3); solução mista em que parte das unidades se suportam e parte são suportadas por outro sistema estrutural;
- localização do núcleo de infra-estruturas no módulo-caixa;
- a coordenação dimensional (exemplo de referência é o «Habitat 67», estudado no capítulo 3);
- potência dos sistemas de transporte e de elevação. (ver fig.42)
- reduzido raio de acção, uma vez que os módulos tridimensionais são mais pesados do que os painéis.

## 2.8. Vantagens

De acordo com Alberto Reaes Pinto as principais vantagens da pré-fabricação são:

- economia da mão-de-obra;
- redução do número de operários no estaleiro, conseqüente do maior número de operações feitas em fábrica, melhorando as condições de trabalho dos operários e reduzindo a fadiga, não só pela utilização da maior mecanização, como pelo facto de o trabalho ser feito ao abrigo das intempéries, com maior comodidade e segurança;
- redução dos tempos mortos, eliminação de paragens durante o Inverno, e redução de encargos gerais da empresa;
- redução dos tempos de execução – economia reflexa;
- economia no volume de materiais;

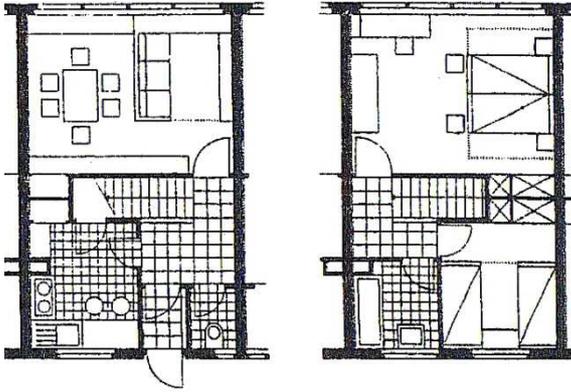


Fig.43 Tipo de edificação *Existenzminimum*, discutido nos CIAM em 1929.

- melhoria da qualidade, pela produção de elementos feitos em fábrica com maior controlo e pela criação de melhores condições de fabrico.

## 2.9. Habitação Mínima

De acordo com o objectivo geral do trabalho, as contendas da habitação mínima são da máxima importância para o entendimento da construção industrializada. Uma vez que os valores mínimos fornecem as bases da racionalização da distribuição das divisões numa planta, em coerência com a metodologia racionalista, que coincidem com a exigência da redução das dimensões na produção da habitação social.

É durante o período entre as décadas de 20 e 30 que esse propósito é claramente enunciado. Nesta época têm lugar os segundo e terceiro congressos do C.I.A.M. (Congresso Internacional de Arquitectura Moderna) com contribuições de Gropius, Le Corbusier, Ernst May, Neutra, entre outros. “O segundo congresso, de 1929 em Frankfurt, dedicou-se à definição do conceito de vivenda mínima, como ponto de partida para racionamentos sobre a edificação subsidiada”.<sup>76</sup> É alcançado, assim, o propósito racionalista de definir um mínimo de existência - *existenzminimum* - resultado da situação socioeconómica vivida pela população subsequente à revolução industrial. Esta maneira de resolver o tema da habitação económica surge quase como um preceito a ser seguido pela geração do entre-guerras. (ver fig.43)

---

<sup>76</sup> BENEVOLO, cit. 43, p.560.



Fig.44 Elevador de Santa Justa.

“A tipologia da habitação, e suas agregações; a elaboração de standards tanto edificatórios como urbanísticos; as questões relacionadas com a orientação, a insolação e a ventilação; as primeiras tentativas no campo da coordenação modular e prefabricação, etc., são todos eles temas desenvolvidos nestes anos.”<sup>77</sup>

No contexto português “quando após a importante realização do Bairro de Alvalade, em Lisboa (por volta de 1950), se voltou a lançar uma operação de relativo vulto - o programa de seis anos para a cidade do Porto, conhecido por Plano das Ilhas, por volta de 60 - voltou a pôr-se, por forma candente, o problema das áreas e qualidades mínimas (...). Com estas realizações portuenses atingiram-se os «standards» mais baixos praticados em habitação económica (área de 50m<sup>2</sup> para um tipo 3/6 pessoas), voltando a subir (...) para a zona de Olivais, em Lisboa (áreas em torno dos 56-60m<sup>2</sup> para o mesmo tipo).”<sup>78</sup>

## **2.10. Pré-fabricação no contexto português**

### **Contextualização histórica, económica e arquitectónica**

A problemática levantada neste trabalho foi debatida no início de novecentos na cultura portuguesa. Aliás, de um modo geral, toda a cultura ocidental se debatia entre um desejo de modernização e uma nostalgia de passado. Tendia a cristalizar-se o debate arte-técnica e assim se separando, em campos opostos, o secular percurso comum da arquitectura e da engenharia.

“Este afastamento disciplinar (...) tinha a sua correspondência no fenómeno epocal e revivalista romântico que dissociava construção e fachada, verdade do material e ornamento apenso.”<sup>79</sup>

O Elevador de Santa Justa, em Lisboa, (ver fig.44) projectado pelo

---

<sup>77</sup> Cit. por MONTEIRO, cit. 57, p.58

<sup>78</sup> PORTAS, Nuno – Funções e exigências de áreas de habitação. 1969, p.10

<sup>79</sup> TOSTÕES, cit. 47, p.3.



Fig.45 Fábrica de cemento artificial 'Portland' – Alhambra

engenheiro Raoul Mesnier du Ponsard em 1900 (inaugurado em 1902) constitui a obra paradigmática do novo século pela utilização das inovações técnicas e do novo material de construção – o ferro. É a referência aos alvores da Revolução Industrial.

“Até 1910 há notícias de uma construção intensa em betão armado, particularmente pelos concessionários Hennebique<sup>80</sup>, suportada pela matéria-prima fornecida pela primeira fábrica de cimento artificial ‘Portland’ em Alhandra [Vila Franca de Xira] que funciona a partir de 1894. (ver fig.45) Entretanto em Lisboa fundava-se o Instituto Superior Técnico [IST] e no Porto criava-se o ‘Laboratório de Resistência de Materiais’ (...). Tornou-se o sistema do betão armado<sup>81</sup> podia definir-se segundo normas de segurança”<sup>82</sup>

O modernismo, que enquadrou o primeiro ciclo do betão entre nós, foi um estilo que concorreu para suportar a novidade imagética desejada pelo Estado Novo.

“Com o pós-guerra e sobretudo a partir da realização do Primeiro Congresso Nacional de arquitectura de 1948 é retomado o sentido das pesquisas modernistas (...) encarar a industrialização da construção como filosofia e método projectual, independentemente da reprodutibilidade mecânica aplicada à edificação.”<sup>83</sup>

---

<sup>80</sup> François Hennebique foi pioneiro no desenvolvimento de um sistema de betão armado, associado a “rapidez e qualidade extraordinárias, aliada a custos competitivos.” APPLETON, Júlio – Construções em betão – nota histórica sobre a sua evolução. Disponível em WWW: <URL: <http://www.civil.ist.utl.pt/cristina/GDBAPE/ConstrucoesEmBetao.pdf>>, p.5.

<sup>81</sup> “Em 1906 são publicadas as primeiras instruções francesas (Regulamento), traduzidas e publicadas em 1907 pela Revista de Obras Públicas e Minas da Associação Portuguesa dos Engenheiros Cívicos, com o título “As Instruções Francesas para o Formigão [relação fonética com hormigão] Armado (...) em 1918 aprovado o 1º Regulamento Português no domínio do betão armado “Instruções Regulamentares para o Emprego do Beton Armado”, realizadas com base nas normas francesas de 1906 e nos desenvolvimentos posteriores.” APPLETON, cit. 80, p. 4 e 6.

<sup>82</sup> TOSTÕES, cit. 47, p.7.

<sup>83</sup> TOSTÕES, cit. 47, p.17.



A profissionalização do sector da construção e a expansão da aplicação do betão armado foram influenciadas pela criação do LNEC<sup>84</sup>, que teve a sua origem no IST.

O segundo ciclo do betão armado realiza-se sob o processo do desenvolvimento de industrialização do país no quadro de uma nova etapa política do Estado Novo. A aplicação do betão propaga-se aos diversos elementos de construção até à moldagem pré-fabricada.

A matriz mecanicista da ideologia moderna, cuja essência decorre dos “sistemas industrializados baseados na virtude da repetitividade e na crença no mundo industrial”<sup>85</sup> vai sustentar uma arquitectura assente no pressuposto da racionalização e da *standardização*, a partir do módulo. “Generaliza-se uma construção porticada, conjugando suportes verticais e lajes cada vez mais leves com a introdução de elementos cerâmicos a definirem rígidas modulações que eram encaradas plasticamente pelos arquitectos como estímulo compositivo”<sup>86</sup>

A habitação colectiva alargada à escala da cidade destaca-se como o programa-chave da modernização. “Os grandes conjuntos de habitação justificam o desenvolvimento do conceito de industrialização da construção, como método de projecto adequado à repetibilidade. (...) A modulação estrutural e construtiva é assumida plasticamente na imagem exterior das construções e legitimada como álbi formal.”<sup>87</sup>

“Em Lisboa, as experiências modernas concentram-se na habitação colectiva de iniciativa municipal, incluindo a de cariz económico, reveladas na concepção do bairro de Alvalade que Faria da Costa projecta em 1945 (...) Nesta primeira fase é inclusivamente ensaiado um sistema de construção industrializada conduzida pelo engenheiro Guimarães Lobato, com peças standard pré-fabricadas adaptadas à realidade da indústria da construção nacional: escadas, janelas, portas, etc.”<sup>88</sup>

---

<sup>84</sup> O Decreto-Lei nº 35957 de 19 de Novembro de 1946 criou o "Laboratório de Engenharia Civil".

<sup>85</sup> TOSTÕES, cit. 47, p.8.

<sup>86</sup> TOSTÕES, cit. 47, p.8.

<sup>87</sup> TOSTÕES, cit. 47, p.8.

<sup>88</sup> TOSTÕES, cit. 47, p.21.

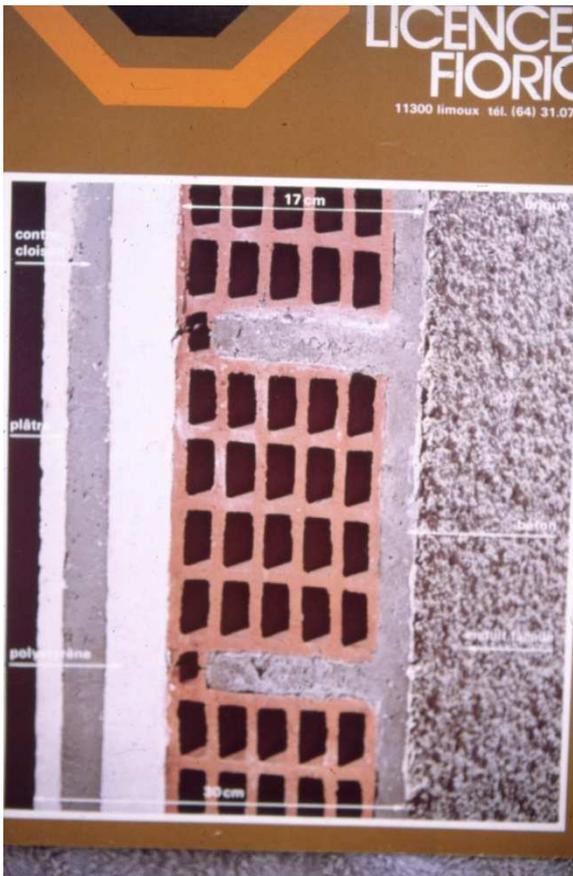


Fig.46 Sistema FIORIO.

A pré-fabricação no contexto português apareceu para oferecer uma resposta rápida às carências de habitação e no aproveitamento dos meios tecnológicos que a precederam, de forma semelhante ao resto da Europa e à América, embora com significativo atraso.

“No nosso país em 1964, os défices de habitação eram da ordem dos 500 000 fogos para uma população de 8,5 milhões de habitantes, o que conduz a um índice de carência de 59 fogos a menos por 1000 habitantes, contra 12 fogos a menos por cada 1000 habitantes na Itália em 1969 e 37 fogos a menos por cada 1000 habitantes na Espanha em 1961”<sup>89</sup>

Em Lisboa, em especial nos concelhos limítrofes, os grandes conjuntos habitacionais desempenharam um papel estruturante no crescimento urbano das décadas de 60 e 70. “Empresas como a ICESA (Santo António dos Cavaleiros, Quinta do Morgado, etc), a URBANCO (Carnaxide), a SIURBE (Alfragide), a EUTJ. Pimenta (Amadora, Cascais, Paço de Arcos), a EMACO, a Torralta ou a Grão-Pará encontravam-se na época implicadas quer na edificação quer na promoção deste tipo de objecto habitacional e urbanístico.”<sup>90</sup>

Em Portugal existem aproximadamente 10.000 habitações cujo sistema construtivo foi o processo francês pré-fabricado – FIORIO<sup>91</sup> – sistema que utiliza basicamente tijolo e betão. (ver fig.46)

Entre 1974 e 1976 destaca-se no quadro da produção arquitectónica o desenvolvimento de um único programa, o da habitação de carácter social.

Para que a aplicação da pré-fabricação seja preferível às práticas tradicionais impõe-se, como uma das condições primárias, que se assegure procura que justifique programas de envergadura numa aplicação intensa da

---

<sup>89</sup> PINTO, cit. 40, p.470.

<sup>90</sup> CONGRESSO PORTUGÊS DE SOCIOLOGIA, 5, - (Breve) aproximação ao processo de metropolização de Lisboa a partir da história de um edifício de habitação situado na sua periferia (Reboleira, 1972-2002). Disponível em WWW:<URL: [http://www.aps.pt/cms/docs\\_prv/docs/DPR460f96aed94ab\\_1.pdf](http://www.aps.pt/cms/docs_prv/docs/DPR460f96aed94ab_1.pdf)>., p.68.

<sup>91</sup> Processo introduzido em Portugal pela empresa ICESA, aquando da realização urbanística de Santo António dos Cavaleiros – caso de estudo.

Tipos de construção	Percentagem						
	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Madeira	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,2
Pedra	16,2	15,8	10,9	8,9	7,5	10,8	9,7
Tijolo	63,4	60,9	61,2	56,6	41,6	45,6	47,3
Estruturas reticuladas de betão armado	17,9	18,6	22,5	30,7	46,7	33,3	30,0
Blocos de betão	2,0	4,2	5,2	3,6	4,1	9,4	12,4
Estruturas reticuladas de aço	—	0,1	—	0,1	—	0,3	0,2
Outros	0,2	0,3	0,1	—	—	0,2	0,2

(1) Valores actualizados após o Congresso.

Fig. 47 Quadro para todos os tipos de construção em Portugal de 1970 a 1976.

industrialização da construção de habitações. No entanto construiu-se demais na década de 90 o que originou mais oferta que procura.

A indústria da construção é uma das mais importantes, relativamente à economia nacional. No entanto, “verifica-se um atraso (...) relativamente à generalidade das outras indústrias, mais evoluídas, com maior organização, tecnologicamente industrializadas.”<sup>92</sup>

Em 2000 “a indústria da construção encontrava-se excessivamente pulverizada (...) com grande percentagem de pequenas empresas, que se encontravam desorganizadas e empíricas. Esta questão está na base da baixa produtividade, dos altos custos e da falta de qualidade que se verificam em relação à produção de edifícios e por outro lado, constitui um travão à evolução tecnológica no sector da construção.”<sup>93</sup>

Actualmente a situação não mudou e foi agravada pelas actuais conjunturas económicas.

## **Elementos e materiais construtivos**

Relativamente aos materiais de construção é pertinente analisar o quadro com as percentagens desde 1970 a 1976. (ver fig.47), uma vez que corresponde a um período de escassez de habitação. Pode observar-se que existiu um aumento do uso de estruturas reticuladas de betão até 1975 e ligeiro decréscimo a partir desta data devido à redução da habitação multifamiliar, ao mesmo tempo que houve uma diminuição do uso da pedra e do tijolo.

Quanto aos painéis pré-fabricados, em 1970, o consumo era cerca de 144420m<sup>2</sup> aumentando para 558925m<sup>2</sup> em 1974, diminuindo para cerca de metade em 1975 e voltando a aumentar ligeiramente para 380480m<sup>2</sup> em 1976. O emprego

---

<sup>92</sup> CONGRESSO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICAÇÃO EM BETÃO, cit. 39, p.63.

<sup>93</sup> CONGRESSO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICAÇÃO EM BETÃO, cit. 39, p.59.



de vigas de cimento cresceu significativamente de 8767t, em 1970, para 448867t em 1976.

Actualmente, empresas com a Pré-gaia e a Pavicentro têm fomentado a divulgação de produtos.

Produtos pré-fabricados isolados como a laje alveolar, já mencionada, (fig.39) os painéis de fachada ou os painéis portantes, são paradigmas de produtos que obtiveram uma boa comercialização. A sua qualidade aumentou em função das melhorias produzidas nos seus materiais constituintes (betão e aço) e nos meios de produção auxiliares (moldes de poliéster, por exemplo).

Neste sentido, os painéis pré-fabricados de fachada converteram-se numa referência de qualidade e flexibilidade, sendo actualmente uma boa alternativa ao betão à vista feito em obra.

Estes elementos construtivos “novos” apesar da qualidade que podem demonstrar, têm ainda que percorrer o caminho que os leva à aceitação generalizada. Trata-se de superar a imagem negativa que muitas vezes lhes está associada, quer do ponto de vista estético, quer técnico.

O betão, que nasceu como um produto industrial, mantém ainda fortes potencialidades, com as quais os materiais novos, com base na reciclagem, ainda não podem competir. A associação com outros materiais tem aumentado a polivalência das suas características.

### **Causas da lenta evolução das técnicas de construção no sentido da industrialização**

- “A diversificação dos produtos dependentes de outros ramos da indústria, nem sempre organizados e dimensionados para cobrir as necessidades de uma produção industrializada.

- O escasso volume da procura.

- Uma reacção psicológica, e até por interesse artístico ou pseudo-artístico, por parte do público, dos construtores e até dos arquitectos, por vezes mesmo justificável, uma vez que nas fases iniciais da expansão da pré-fabricação, houve



uma predominância de atenção pelos aspectos especificamente ligados aos processos construtivos; descuravam-se efectivamente todos os que se relacionavam com arquitectura e a pormenorização, como consequência de uma constituição desequilibrada da equipa da construção.”<sup>94</sup>

- A excessiva pulverização das pequenas empresas, que se encontram desorganizadas e deficientes sob o ponto de vista da sua tecnologia e estrutura financeira.

- “A ausência (...) de mentalidade industrial e de espírito científico e de investigação.”<sup>95</sup>

- As vantagens associadas à produtividade nem sempre se verificam devido à falta de experiência e à novidade construtiva de alguns produtos, o que atrasa o processo.

---

<sup>94</sup> COLÓQUIO NACIONAL DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, cit.33, p.25-26.

<sup>95</sup> CONGRESSO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICAÇÃO EM BETÃO, cit. 39, p.63.



# **Modulação**

Este capítulo consiste no estudo da importância da coordenação dimensional modular na pré-fabricação, e está dividido em três subcapítulos: composição modular, coordenação dimensional modular geral e no contexto específico português.

### **3.1. Composição modular (propedêutica do projecto)**

Este subcapítulo apresenta formas de contornar a rigidez que a pré-fabricação pode fomentar nomeadamente, a teoria dos policubos, a composição modular dos projectos modulares e a pré-fabricação total pesada de sistema fechado e volumétrico dos edifícios de habitação colectiva – Habitat 67 e da Torre Nakagin – demonstrando-se a flexibilidade da estrutura modular.

#### **“Teoria dos policubos”**

A Arquitectura modular baseada na teoria dos Policubos, foi realizada pelos arquitectos Roberto Serrentino e Hernán Molina, (no Laboratório de Sistemas de Desenho da Faculdade de Arquitectura y Urbanismo da Universidade Nacional de Tucumán – Argentina). A economia de tempo e de materiais nos processos construtivos, através da aplicação de conceitos de modularidade sem se perder a criatividade, é o móbil da composição modular.

“A arquitectura modular refere-se ao desenho de sistemas compostos por elementos separados preservando relações proporcionais e dimensionais. A beleza da arquitectura modular baseia-se na possibilidade de substituir ou agregar qualquer componente sem afectar o resto do sistema.

Um policubo (ver fig. 48) é uma generalização tridimensional do conceito de poliômino<sup>96</sup>, que consiste num conjunto de módulos quadrados unitários unidos

---

<sup>96</sup> Apresentados por Salomón Golomb em 1953.

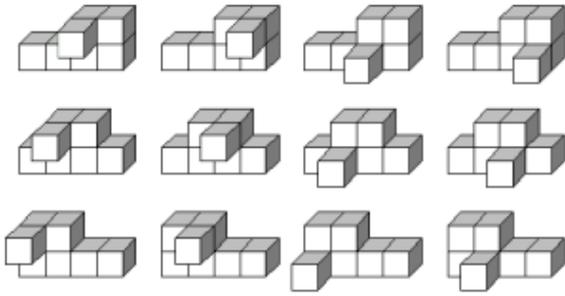


Fig.48 Policubos de ordem sete.

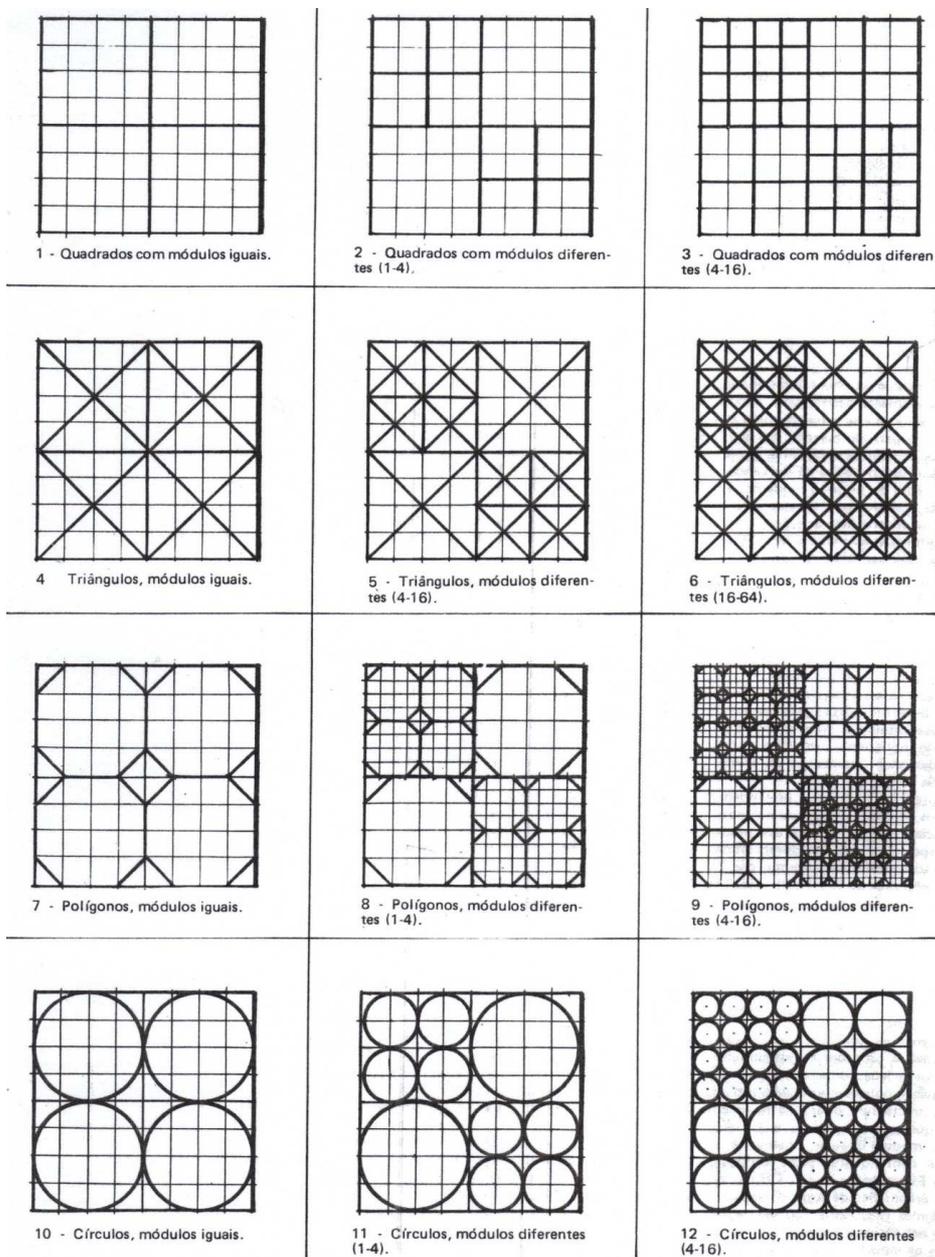


Fig.49 Composições modulares rítmicas por Ivo Cecarini

pelos seus lados.”<sup>97</sup>

De maneira recorrente o modelo simplificado converte-se num sistema complexo, ao considerar vários graus de abstracção, chegando a produzir-se modelos de grande riqueza e complexidade formal, resultado da combinação de unidades pré desenhadas.

## **Estética**

Como segundo objecto de estudo deste subcapítulo – a estética<sup>98</sup>, dado que é uma das questões da arquitectura e um dos resultados esperados da composição modular.

Acerca deste tema é pertinente ilustrar composições modulares rítmicas sobre uma retícula modular. (ver fig.49) Verificam-se analogias com a obra dos mestres, Mies van der Rohe e Wright, que foram os mais rigorosos a aplicar o princípio da composição modular.

Frank Lloyd Wright desenvolveu dezenas de residências com a utilização de um sistema de modular, conservando a diversidade e flexibilidade na concepção da sua arquitectura. “Toda a minha actividade compositiva foi articulada sobre um sistema modular adequado e proporcional. Percebi que teria mantido cada coisa na sua escala, assegurando proporcionalidade harmónica a todo o edifício, pequeno ou grande, que dessa forma se transformaria numa trama coerente de unidades independentes.”<sup>99</sup> (ver fig.50)

---

<sup>97</sup> SERRENTINO, Roberto; MOLINA, Héran – Arquitectura modular basada en la teoría de policubos. SIGraDi Disponível em WWW: <URL <http://cumincades.scix.net/data/works/att/8a44.content.pdf>>, p.264.

<sup>98</sup> A estética consiste no estudo e treino na composição de formas fundamentais geométricas e na Harmonia de linhas, de planos, de volumes e de cores

<sup>99</sup> Cit. em Coordenação modular: um inquérito internacional. Binário, p.16.

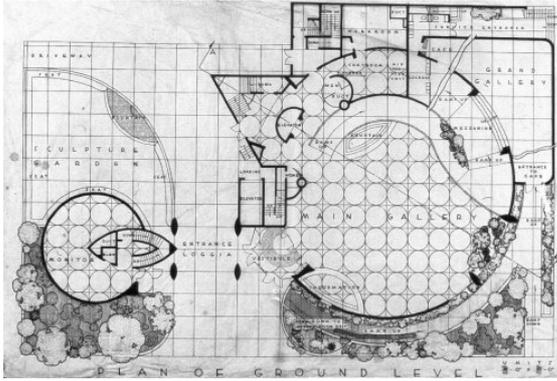


Fig. 50 F.L.Wright – planta piso entrada.

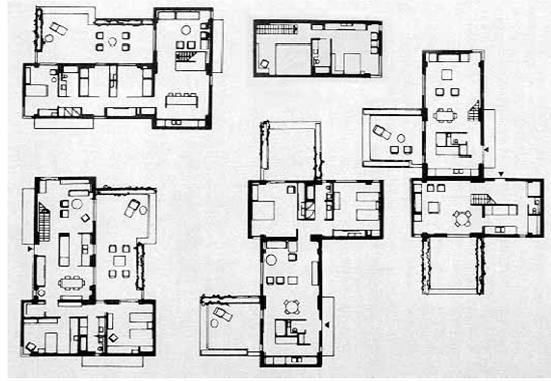


Fig.51 Moshe Safdie – planta original Habitat 67, 1967.



Fig.52 Moshe Safdie – vista exterior Habitat 67.

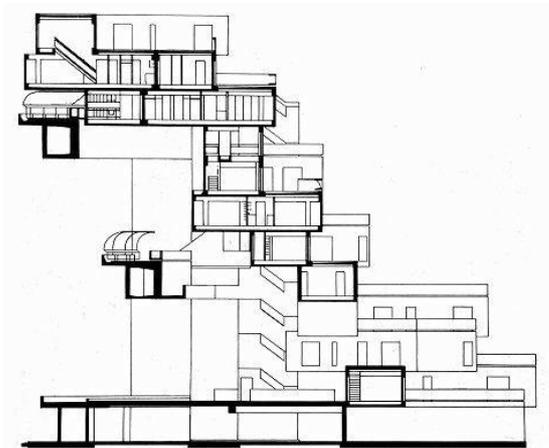


Fig.53 Moshe Safdie – corte Habitat 67, 1967.

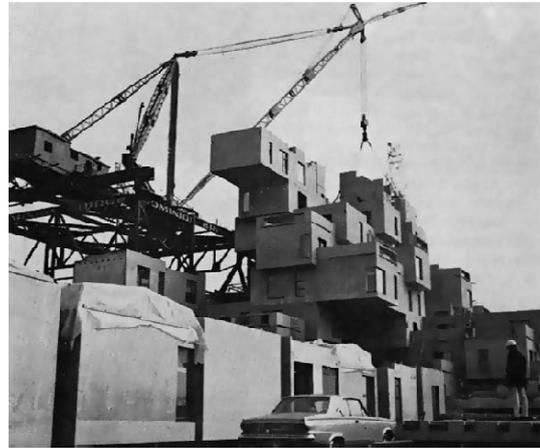


Fig.54 Moshe Safdie – estaleiro Habitat 67, 1967.

## Módulo-caixa – sistema pré-fabricado tridimensional

Dois exemplos de pré-fabricação total pesada de sistema fechado e tridimensional:

A experiência residencial para a exposição mundial de 1967, realizada por Moshe Safdie<sup>100</sup>, teve como bases construir com qualidade a preços baixos para as massas através de um processo de pré-fabricação. Gigantesca escultura, composta por 354 cubos uns sobre os outros, formando 146 residências. O cubo é a base, o meio e o fim do Habitat 67. (ver figs. 51, 52, 53 e 54) O principal problema desta construção foi o peso dos cubos mais altos sobre os cubos assentes no terreno.

“O projecto “Habitat 67” em Montreal de Moshe Safdie, serve de referência para mostrar a importância do uso da coordenação dimensional modular. No “Habitat” as unidades regem-se por uma grelha de um metro, o que se significa que os módulos devem estar sobrepostos com afastamentos iguais ou múltiplos desta medida. A escolha do módulo básico e das suas derivações deve permitir o maior número possível de variações de combinações com o menor número de elementos diferentes.”<sup>101</sup>

A fábrica, que foi construída ao lado do Habitat, abarcava quatro grandes moldes onde os módulos-caixa foram produzidos. Para fabricá-los, uma caixa de aço mais pequena foi colocada dentro do molde e o betão aplicado entre as duas caixas para construir o “envelope” do módulo-caixa. Depois de pronta, a unidade era transportada para uma linha de montagem onde as infra-estruturas eram aplicadas sob o pavimento de madeira.

---

<sup>100</sup> Arquitecto de origem israelita, aluno de Luis Kahn, foi escolhido pelo governo canadiano – devido a sua tese sobre arquitectura residencial - para representar o país na exposição mundial, tinha menos de 30 anos e ainda não tinha sequer desenvolvido qualquer projecto arquitectónico nem urbanístico de relevo.

<sup>101</sup> FILIPE, Ana Lúcia Ferreira - ALFF um sistema modular pré-fabricado do tipo "caixa" para edifícios de habitação. 2004, p.31.

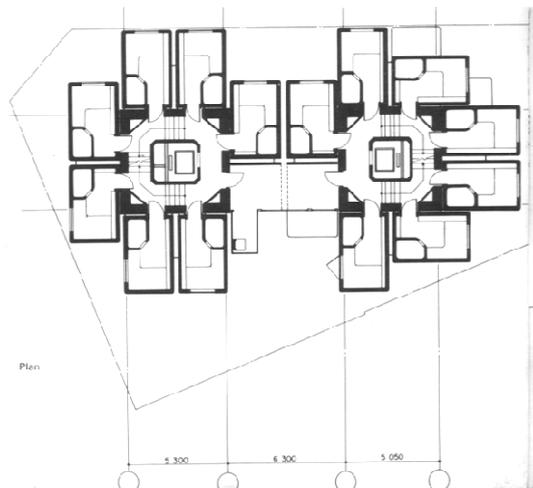


Fig.55 Kurokawa Kisho – planta da Nakagin Capsule Tower. Tóquio, 1972.

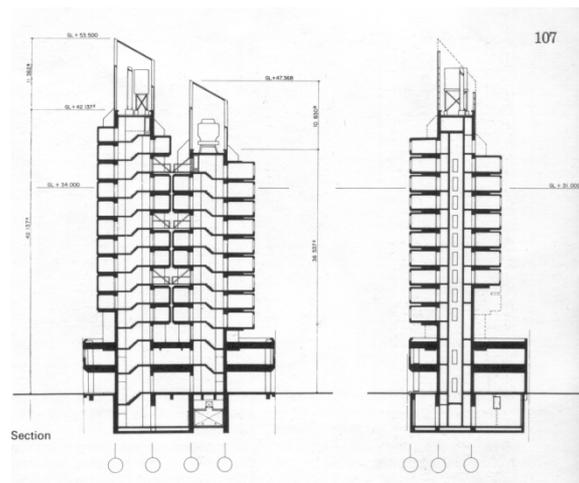


Fig.56 Kurokawa Kisho – cortes da Nakagin Capsule Tower. Tóquio 1972.



Fig.57 Kurokawa Kisho – exterior da Nakagin Capsule Tower. Tóquio.

O segundo exemplo é a Nakagin Capsule Tower, que construída em 1972 por Kurokawa Kisho e representa o primeiro exemplo de arquitectura capsular construída para uso real.

As cápsulas, fabricadas numa província de Shiga e transportadas para Tóquio, foram projectadas para serem removíveis e substituíveis do feixe central. O espaço aparentemente pequeno dentro das cápsulas, pode ser aumentado através da ligação entre as mesmas.

A Nakagin Capsule Tower realiza as ideias do metabolismo<sup>102</sup>, intercâmbio, reciclagem, como o protótipo da arquitectura sustentável. (ver figs. 55, 56 e 57)

### **3.2. Coordenação dimensional modular**

A coordenação dimensional está intrinsecamente ligada à pré-fabricação, uma vez que os seus princípios permitem a coordenação das diversas partes que constituem a construção global sendo fornecidas de fontes separadas.

O desenvolvimento da racionalização da construção estimulou os estudos que levaram à coordenação modular.<sup>103</sup>

A característica mais importante do sistema modular é a unidade comum de comprimento: o módulo, que se emprega para coordenar as dimensões de um edifício. Hoje em dia, o módulo básico em Portugal e nos países que seguem o

---

<sup>102</sup> Arquitectos fundadores tinham em consideração os problemas de crescimento e movimento populacional.

<sup>103</sup> Os três organismos que em 1970 (data dos inícios do estudo desta disciplina em Portugal), se dedicavam ao estudo da coordenação modular eram “a Comissão Económica para a Europa (C.E.E.), o Conselho Internacional para a Investigação da Construção, Estudos e Documentação (CIB) e a Organização Internacional para a Normalização (ISO)” BYRNE, Gonçalo S. – Racionalização do processo de projecto. I – coordenação dimensional modular. Princípios e aplicação. 1970, p.81.



Fig.58 vista exterior da fábrica.

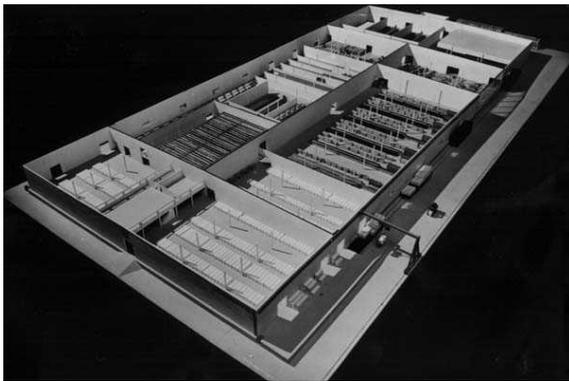


Fig.59 Interior da fábrica.



Fig.60 Fabricação.



Fig.61 Painéis.

sistema métrico é de  $M=100\text{mm}$ . O módulo básico na coordenação modular é o denominador dimensional.

Os historiadores descrevem vários exemplos de módulos “cuja aplicação derivava geralmente de certos conceitos estéticos ou funcionais mas é com a aproximação da Revolução Industrial que o conceito dimensional de módulo tenta fazer a interligação entre a concepção projectual e a produção industrial.

Admite-se como primeira aplicação da coordenação dimensional, justaposta à primeira fase das origens da pré-fabricação, a obra para a Exposição Universal, já referida neste trabalho. “Em plena Revolução Industrial Paxton projecta o célebre Cristal Palace [1850-51] sobre um módulo básico de 8 pés (cerca de 2,40m) condicionado pelas dimensões máximas das chapas de vidro que os processos técnicos dessa época produziam. Este módulo estabelecia a correlação entre as peças de vidro e os outros elementos estruturais metálicos”<sup>104</sup>

Depois das experiências de Walter Gropius no bairro exposição “Weissenhof”<sup>105</sup> (1927) e no projecto da “casa ampliável”<sup>106</sup> (1932), Albert Farwell Bemis consagra-se o pioneiro no domínio da coordenação modular. “Bemis, prevendo que as partes constituintes da casa viriam a ser produzidas em série, propôs pela primeira vez a utilização de um módulo cúbico e concebeu uma malha constituída por módulos deste tipo ocupando o volume do edifício nas três dimensões (The cubical method of design<sup>107</sup>). (...) todos os elementos podiam ser combinados racionalmente dentro da mesma malha, se fossem dimensionados em múltiplos de um módulo. Nascera assim a ideia de uma coordenação modular.”<sup>108</sup>

Em 1938 a American Standard Association (ASA) iniciou um estudo para coordenar o dimensionamento dos componentes da construção. Estudos semelhantes foram apresentados, em 1942, à Associação Francesa para a Normalização - AFNOR.

---

<sup>104</sup> BYRNE, cit. 103, p.75.

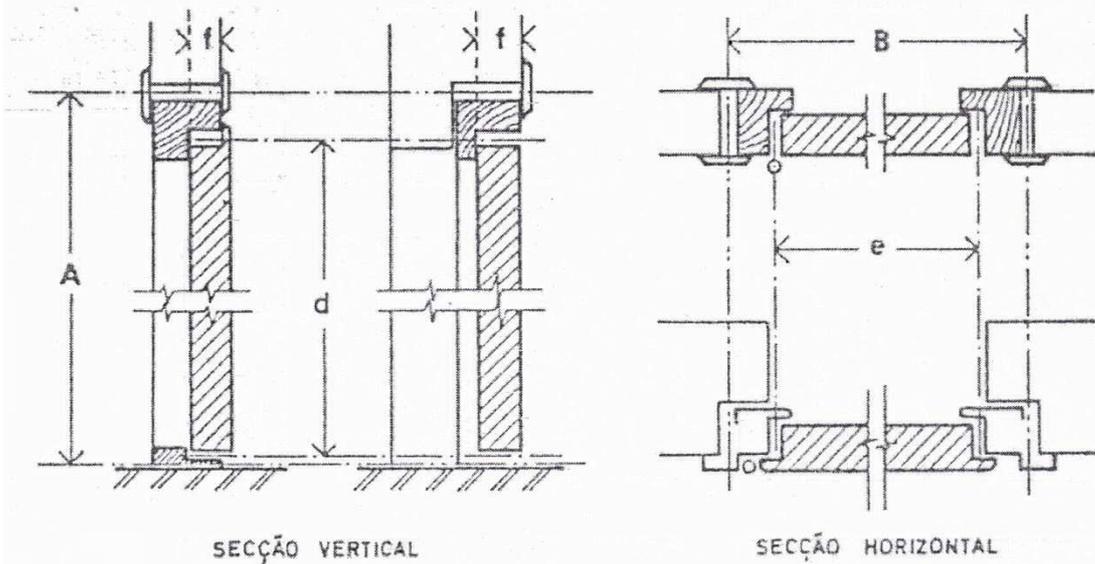
<sup>105</sup> Montagem a seco de painéis estandardizados sobre uma estrutura metálica modular.

<sup>106</sup> Crescimento efectuado através da adição de corpos volumétricos.

<sup>107</sup> Processo apresentado no terceiro volume, «Rational Design», da sua obra «Envolving House»

<sup>108</sup> BYRNE, cit. 103, p.76.

DIMENSÕES PRINCIPAIS DE PORTAS INTERIORES DE UMA FOLHA DE MADEIRA \*



ALTURAS		n x M	dimens. mm
A	altura de coordenação entre vão e aro	21 M	2100
d	" " " " aro e folha		2040

LARGURAS		dimensões em mm							
B	largura de coordenação entre vão e aro	7 M	700	8 M	800	9 M	900	10 M	1000
e	" " " " aro e folha	630		730		830		930	

ESPESSURAS		dimens. mm
f	espessura de coordenação entre aro e folha	
	porta com batente	40
	porta com duplo batente	25

\* Extraído do projecto de recomendação N°1877 (I.S.O. - 1969)

Fig.62 Primeira preocupação para efeitos de coordenação, o dimensionamento do vão : projecto de recomendação I.S.O. nº1877 (1969).

Nos trabalhos de concepção do “Modulor”, Corbusier atribuiu “à disciplina dimensional um sentido harmónico pela fundamentação das dimensões-chave em ‘medidas do homem’ e pelo aproveitamento da série de Fibonacci”<sup>109</sup>

O sistema pré-fabricado projectado por Gropius e Wachsmann, General Panel System (1941) já mencionado no capítulo da pré-fabricação, “baseia-se na aplicação duma malha modular de 3 pés e 4 polegadas e utiliza painéis standard de madeira articulados em torno de uma junta ‘universal’”<sup>110</sup> (ver figs. 58, 59, 60 e 61)

Apesar da publicação de normas de unificação durante a guerra e nos anos seguidos, por parte de alguns países, “é só a partir do pós-guerra que se começa a estudar sistematicamente a aplicação dos princípios da coordenação modular às técnicas de construção. As primeiras experiências mostraram que só com uma colaboração internacional seria possível tirar o máximo partido da coordenação modular. Em vista disto, a «Agência Europeia da Produtividade» (A.E.P)<sup>111</sup> organiza um plano específico para o estudo da coordenação modular na indústria da construção [projecto AEP 174 aprovado em Novembro de 1953].”<sup>112</sup> Após 1956 os objectivos centraram-se não só na escolha do módulo base – 10cm no caso do sistema métrico e 4 polegadas no caso do sistema pé-polegada – e de gamas de dimensões preferenciais mas também no uso de dimensões inferiores ao módulo, na integração dos materiais e na questão das tolerâncias.

“Em 1958, foi adoptado o primeiro anteprojecto de recomendação da ISO: “Regras gerais da Coordenação Modular”.

Em 1960, constituiu-se o International Modular Group (IMG)<sup>113</sup>, (...) que passou a integrar o Conseil International du Bâtiment pour la recherche l’étude et La documentation (CIB).”<sup>114</sup>

---

<sup>109</sup> BYRNE, cit. 103, p.77.

<sup>110</sup> BYRNE, cit. 103, p.77.

<sup>111</sup> Filial, criada em 1953, da O.E.C.E. (Organização Europeia de Cooperação Económica). A esta organização sucedeu, em 1961, a O.C.D.E. (Organização de Cooperação e Desenvolvimento Económico), com a entrada dos E.U.A. e do Canadá.

<sup>112</sup> BYRNE, cit. 103, p.78.

<sup>113</sup> Entidade que absorveu os grupos de trabalho da AEP, do COMECON (órgão económico dos países socialistas da Europa Oriental) e do subcomité ISO TC-59.

<sup>114</sup> Aspectos históricos da coordenação modular p.30

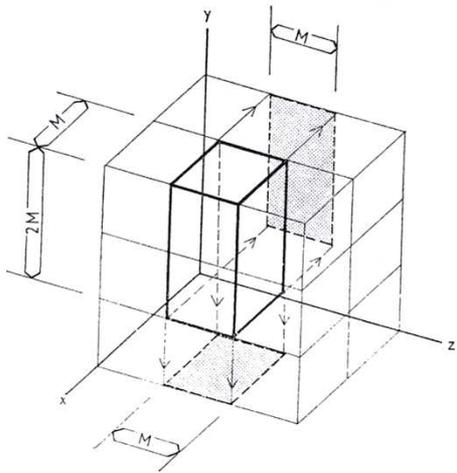


Fig.63 Grelha tridimensional de módulos-base

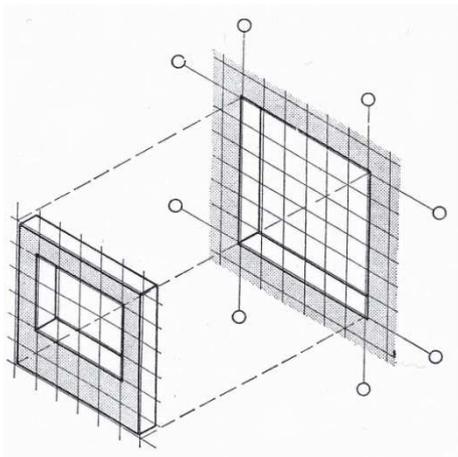


Fig.64 Componente dentro de uma grelha coordenada dimensionalmente.

Considerando-se como primeira preocupação para efeitos de coordenação, o dimensionamento do vão, “o projecto de recomendação I.S.O. nº1877 (1969) estabelece as dimensões principais a considerar nas portas interiores de madeira.”<sup>115</sup> (ver fig.62)

Actualmente, as normas utilizadas na Europa continuam centralizadas nas normas da ISO.<sup>116</sup>

### **Bases do sistema modular**

A coordenação dimensional depende do estabelecimento de grelhas planas e tridimensionais onde os componentes podem ser introduzidos num padrão de dimensões inter-relacionadas. O componente deve ser sempre de menor dimensão em relação ao espaço da grelha. (ver figs. 63 e 64)

A combinação básica de componentes dentro da grelha possibilita a sua coordenação dimensional, permitindo a utilização máxima de componentes normalizados.

#### **a) Dimensões**

- primeira preferência: múltiplos de 300mm (multimódulo);
- segunda preferência: múltiplos de 100mm (módulo base);
- terceira preferência: múltiplos de 50mm (submódulo) até aos 300mm;
- Quarta preferência: múltiplos de 25mm (submódulo) até aos 300mm.

---

<sup>115</sup> BYRNE, cit. 103, p.62.

<sup>116</sup> Organização não-governamental, composta por uma rede de institutos nacionais de normas, de 162 países, um membro por país, com uma Secretaria Central em Genebra, na Suíça, que coordena o sistema. É a maior organização do mundo no desenvolvimento e publicação de *standards* internacionais.

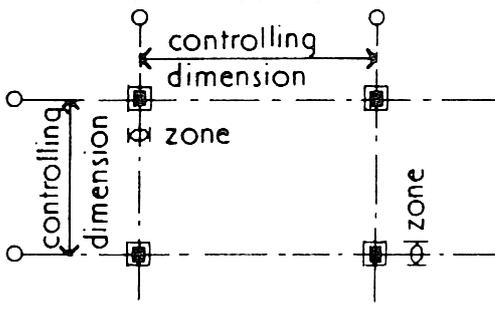


Fig.65 Linhas de controlo axiais  
Grelha estrutural.

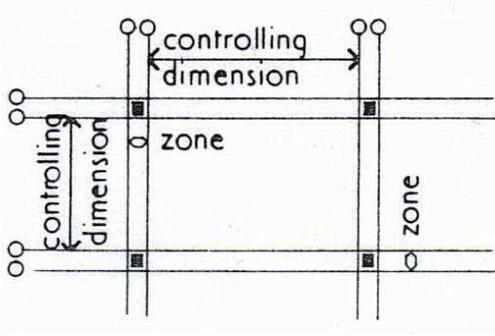


Fig.66 Linhas de controlo faciais –  
Grelha de Planificação.

b) Sistema de referência (nomenclaturas fundamentais apoiadas na monografia “New Metric Handbook” e no relatório “Racionalização do processo de projecto I: coordenação dimensional modular. Princípios e aplicação”)

- sistema de referência: sistema de coordenadas através do qual se podem determinar as dimensões e a posição de construção;
- dimensões de controlo: estão entre planos fundamentais de referência. Estas fornecem uma estrutura em que o projecto e em que os componentes e conjuntos podem ser relacionados;
- planos de referência fundamentais: definem as margens de zonas de controlo ou eixos estruturais;
- linhas de controlo axiais: grelha estrutural, as linhas são colocadas a eixo dos elementos principais (se a zona não tem interesse operacional ou se o dimensionamento a eixo é mais relevante) e representadas por linhas traço-ponto com um círculo nos extremos. A grelha estrutural é fisicamente estabelecida pelo empreiteiro no local e serve como a principal referência em construção. As grelhas estruturais e de planificação podem coincidir mas, não é fundamental. (ver fig.65);
- linhas de controlo faciais: grelha de planificação, as linhas são colocadas à face dos elementos principais (estruturais) se interessa considerar a zona e representadas por linhas contínuas com um círculo nos extremos. Localizam elementos não estruturais. (ver fig.66);
- zonas: entre planos de referência verticais ou horizontais proporcionam espaços para um ou mais componentes que não preenchem, necessariamente, o espaço. Um componente de construção (ou grupos de componentes) pode ultrapassar o limite da zona, como podem guarnições e acabamentos. Se as larguras das zonas estruturais são múltiplos de 300mm, a grelha é contínua. Se a zona não for múltipla de 300mm, a grelha é interrompida pela dimensão dessa zona – zona neutra.



### c) Dimensão dos componentes

- dimensões de coordenação e de trabalho: as dimensões de coordenação possibilitam tolerâncias para montagem e juntas e são indicadas por setas abertas nos extremos; as dimensões de trabalho são as especificadas na fabricação e são indicadas por setas fechadas nos extremos;
- tolerância e ajuste: as dimensões das juntas são exigentes. Existem aparelhos gráficos para ajudar a conciliar todos os factores que afectam as tolerâncias, tais como: expansão e contracção; variação da dimensão de fabrico; número de componentes numa montagem; variações na interpretação da dimensão do trabalho de uma dada dimensão de coordenação;
- grau de maior precisão: os arquitectos devem identificar onde o ajuste é crítico e devem avaliar se: os tamanhos normalizados são adequados e estão disponíveis; alguns componentes podem ser feitos sem um custo significativo; o corte é aceitável (e os efeitos sobre o desempenho); a ordem provável de montagem. Transgredir as regras de localização de componentes dentro do espaço disponibilizado, contido por linhas da grelha, irá causar dificuldade na montagem no local.

### **Objectivos e vantagens da coordenação dimensional modular para a industrialização da construção, enunciadas no “New Metric Handbook”**

Objectivos definidos em BS (British Standards Institution):

- máxima economia na produção de componentes;
- redução da manufactura de unidades não padronizadas;
- evitar desperdício de cortes no local.

Vantagens para os projectistas podem incluir:

- redução do trabalho de projecto;
- diminuição da produção de desenhos de trabalho através da utilização de detalhes padrão.



Potenciais vantagens para os fabricantes:

- utilização mais eficaz do trabalho na produção de linhas padrão;
- redução do stock, facturação e outras operações relacionadas com produtos de vários tamanhos diferentes;
- evitar perdas de material e de mão-de-obra.

Todas as dimensões de um edifício estão inter-relacionadas e devem ser correlacionadas se queremos conseguir um resultado que harmonize forma, função e procedimento construtivo e que, ao mesmo tempo, seja economicamente justificável.

Ao serem determinadas as dimensões das habitações e dos componentes construtivos, são encontradas dimensões vitais que podem repetir-se. O princípio de repetição justifica-se por necessidades funcionais e por condições estruturais.

Relativamente à aplicação do princípio da repetição tem-se argumentado que supõe um risco de monotonia e uniformidade. No entanto, este princípio, pode tornar-se numa qualidade positiva, quando aplicado de forma rigorosa. “O princípio de repetição é a essência do que chamamos de ritmo em arquitectura.”<sup>117</sup>

“Os tempos clássicos oferecem inumeráveis exemplos do uso da repetição das dimensões principais para elaborar o ritmo de um edifício completo, sobre uma base de um sistema axial ou uma reticula modular.”<sup>118</sup>

As dimensões uniformes beneficiam, sobretudo, os procedimentos construtivos baseados no emprego de componentes pré-fabricados.

Quando se chega a um acordo sobre o sistema dimensional é possível mecanizar e racionalizar a pré-fabricação de componentes construtivos sob condições de trabalho favoráveis, aproximando-se do objectivo fundamental: a produção industrializada em fábrica de componentes construtivos normalizados.

---

<sup>117</sup> NISSEN, Henrik – Construcción Industrializada y Diseño Modular. 197, p.5 (tradução da autora da dissertação)

<sup>118</sup> NISSEN, cit.117, p.6. (tradução da autora da dissertação)

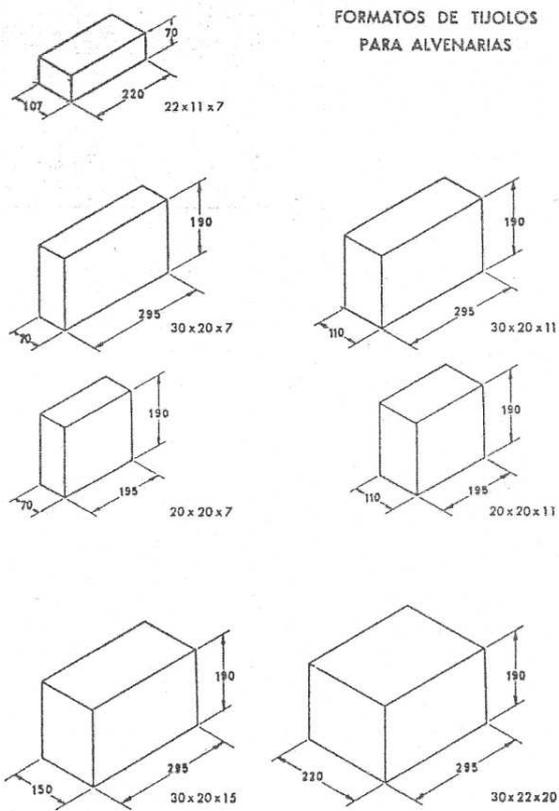


Fig.67 Especificação de formatos de tijolos semi-modulares de barro vermelho para alvenaria - LNEC 1965.

### 3.3. Coordenação dimensional/modular no contexto português

O Tratado do Metro de 1875, já referido no capítulo anterior, (subcapítulo 2.5.) consagrou o Sistema Métrico decimal, e foi assinado por Portugal e mais dezassete países.

Em 1956 Portugal adere ao projecto AEP 174, que consiste na convenção do módulo decimétrico, através da “publicação da 1ª norma portuguesa sobre coordenação modular (NP 88 1956).”<sup>119</sup>

Ainda em 1956 foi realizado um estudo no LNEC, pelo Engenheiro Ruy Gomes, intitulado “Estudos de normalização de portas e janelas: portas interiores para habitações”.

“Em 1965 o LNEC publica a especificação normativa de formato de tijolos em que define 7 tipos de tijolos semi-modulares (...). Um estudo sobre normalização de janelas é efectuado em 1968 que recomenda a adopção de vários tipos de vãos e caixilhos de dimensões modulares.”<sup>120</sup> (ver figs 67 e 68)

Actualmente o IPQ (Instituto Português da Qualidade), organismo representativo Português no domínio da qualidade a nível internacional (ISO), gere e promove o desenvolvimento do Sistema Português da Qualidade (SPQ), com os seus três sub-sistemas – Normalização, Metrologia e Qualificação. Portanto, o IPQ mantém uma estreita cooperação com os seus homólogos europeus.

“A necessidade de racionalizar as dimensões dos elementos de construção produzidos industrialmente derivou do incremento da produção, do emprego crescente daquele tipo de elementos e da consequente alteração provocada nos processos de construção”<sup>121</sup>

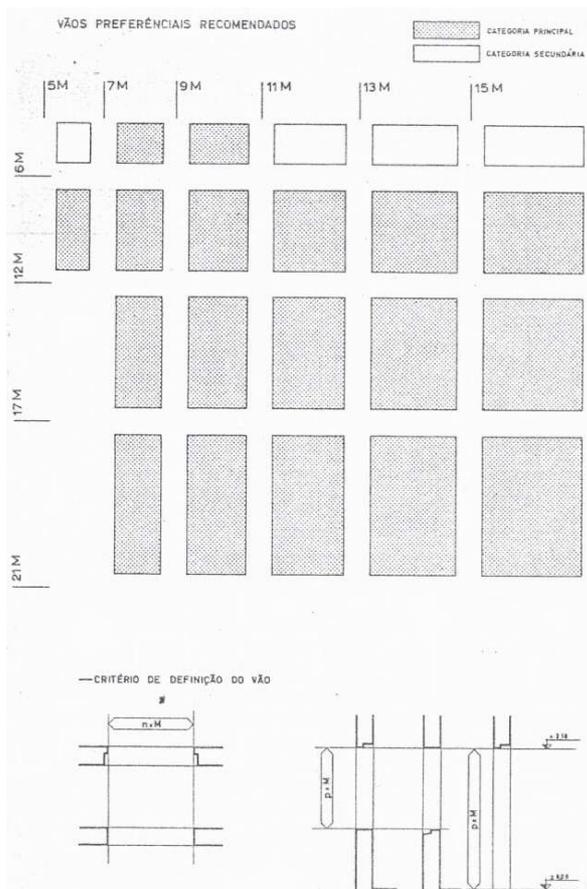
Esta matéria deve ser entendida como um processo contínuo, cuja base reside em “trabalhar com um sistema inter-relacionado de dimensões exactas e

---

<sup>119</sup> BYRNE, cit. 103, p.80.

<sup>120</sup> BYRNE, cit. 103, p.81.

<sup>121</sup> BYRNE, cit. 103, p.5.



Fig,68 Vãos preferenciais recomendados – LNEC, 1968.

tolerâncias, desde o início do estudo da obra. Como consequência, o arquitecto deve modificar a sua técnica de projectar, preparando desde o início a possibilidade de elementos com dimensões coordenadas serem montados na obra sem adaptação.”<sup>122</sup>

Visto isto, projectistas, fabricantes e construtores, devem entrar em mútuo acordo, no sentido de limitar o número de dimensões diferentes.

---

<sup>122</sup> BYRNE, cit. 103, p.5.



# *PARTE II*

***Santo António dos Cavaleiros***

## ***Santo António dos Cavaleiros (SAC)***

Sendo esta urbanização a primeira experiência de pré-fabricação pesada em Portugal (1966 - início da construção), cujo autor foi um arquitecto, realizada numa época em que a industrialização da construção atingiu o seu pico em Portugal, o seu estudo é pertinente.

A urbanização de Santo António dos Cavaleiros ia sendo construída à medida que se faziam as empreitadas. Foi o motor do sistema construtivo aplicado – pré-fabricação total pesada, com base num sistema fechado planar. Na Quinta do Morgado, em Lisboa, foram utilizados como projectos base, os projectos de SAC.

É relevante salientar o percurso profissional do autor Prof. Doutor Arqt. Alberto Cruz Reaes Pinto<sup>123</sup>. Iniciou a sua actividade empresarial privada em 1964 na empresa de construção civil ICESA, onde desempenhou cargos de Direcção e de Administração (1972 a 1989) e especializou-se na área da pré-fabricação pesada, na Société Fiorio, em Limoux, França, de 1964 a 1967.

Desenvolveu modelos de fogos e de edifícios e projectou e coordenou o desenvolvimento de diversos projectos de arquitectura e de pré-fabricação. Exerceu diversos cargos de Consultadoria Técnica e de Administração em empresas ligadas ao sector imobiliário e da construção civil.

A necessidade da urbanização de SAC assenta sobre um contexto em que industrializar era uma das características daquele tempo e o índice de carência era de 59 fogos a menos por 1000 habitantes, como já foi mencionado, consequência do incremento demográfico, da concentração industrial e dos movimentos da população daí resultantes.

A necessidade da integração entre projectistas e fabricante num projecto desta envergadura, com características basilares de economia e rapidez, é da máxima importância.

---

<sup>123</sup> É licenciado em Arquitectura pela ESBAL e Doutor em Arquitectura pela Universidade de Salford-UK. Actualmente, é director e professor catedrático da Faculdade de Arquitectura e Artes da Universidade Lusíada de Lisboa e coordenador do Centro de Investigação em território, arquitectura e design (CITAD) da Faculdade de Arquitectura e Artes das três Universidades Lusíada.



“A velocidade da execução assenta no estudo exaustivo do projecto feito no Gabinete de Estudos e Projectos. Houve por isso que montar rapidamente um Gabinete de Estudos que estruturámos em três divisões (...)

Divisão de Urbanização – com os projectos de urbanização e instalações técnicas, apoiados pela Sala de desenho respectiva.

Divisão de Arquitectura e Pré-fabricação – com os projectistas de arquitectura e instalações técnicas e os especialistas de pré-fabricação e moldes apoiados pelas respectivas Salas de Desenho.

Divisão de Cálculo e Medições e Orçamentos – com os técnicos de cálculo de estabilidade. Esta divisão engloba ainda duas Repartições de Medições e orçamentos – a da Urbanização e a da Arquitectura.

(...) Todos os materiais devem ser definidos até ao parafuso, de modo que os Aprovisionamentos os possam adquirir com a antecipação necessária, para serem fornecidos, na devida altura, à Fábrica e ao Estaleiros e daí chegarem, através do Planeamento e Contabilidade, resultados relativos à análise e controlo de desvios, necessários à elaboração mais precisa de novas medições e orçamentos.

Todas estas operações exigem uma grande coordenação entre todos os sectores do Gabinete de Estudos e entre este e os restantes sectores da Empresa”<sup>124</sup>.

---

<sup>124</sup> PINTO, Alberto Reaes – A primeira experiência de pré-fabricação pesada em Portugal. Arquitectura. (1969), p.145.



Fig.69 Vista geral aquando da construção da primeira fase da urbanização de SAC.

## Ficha técnica

É importante referir que esta ficha foi elaborada com base na comunicação apresentada pelo arquitecto Reaes Pinto ao Colóquio Internacional de Pré-fabricação promovido pela UIA<sup>125</sup> e realizado em Barcelona em Abril de 1968.

No estudo das paredes resistentes interiores e exteriores não se estudam as paredes de edifícios especiais, hotéis por exemplo, por se afastarem do âmago da análise do trabalho.

Uma vez que as categorias das habitações-base são similares, o estudo aprofundado das dimensões, organização do espaço e decomposição de painéis foi, apenas, efectuado num edifício em banda - categoria I3, tipos T3 e T4.

### Datas

1964 e 1966 – estudo da 1ª fase.

1964 No início dos estudos a equipa era constituída por dois grupos (um em França e outro em Portugal) e constitui uma experiência que começou com uma exposição em França.

1966 Início da realização da primeira experiência.

1968 Comunicação apresentada pelo autor ao Colóquio Internacional de Pré-fabricação promovido pela UIA e realizado em Barcelona.

Entrada na câmara municipal de Loures, em Novembro, dos desenhos da segunda fase.

Início da década de 80 – final da intervenção em SAC

### Arquitecto

Alberto Cruz Reaes Pinto, também chefe do Gabinete de Estudos e Projectos da ICESA.

Projecto paisagístico do Arq. Gonçalo Teles.

---

<sup>125</sup> União internacional dos Arquitectos. O arquitecto Reaes Pinto foi nomeado delegado português ao Colóquio de Internacional promovido pela UIA.



Fig.70 Vista exterior da empresa ICESA ,  
Povoa e Santa Iria, Vila Franca de Xira.



Fig.71 Transporte da empresa ICESA.

**Empresa**

ICESA, Indústria de Construções e Empreendimentos, SARL.

**Localização da fábrica**

Povoa de Santa Iria, Vila Franca de Xira, a aproximadamente 15km de Lisboa.

**Localização**

“Área de 42 hectares, desenvolve-se numa zona saudável, calma e abrigada de ventos, junto à ponte de Frielas, sendo ladeada a nascente-sul pela estrada Nacional nº8 entre Loures e Lisboa, das quais dista aproximadamente 2 e 2,5km.”<sup>126</sup>

**Terreno**

Desenvolve-se em encosta, com uma exposição nascente-sul.

**Plano urbanístico**

O projecto previa que o conjunto habitacional fosse estruturado em torno de uma zona de interesses comuns, o Centro Cívico (CC), que ocupa geograficamente o centro da realização, no entanto a concretização foi diferente uma vez que, o CC foi mudado para o núcleo comercial de apoio à primeira fase, e portanto a uma escala menor do que a pretendida inicialmente.

“As vias de circulação de peões, concebidas de modo a encurtar os percursos e passar por zonas de maior interesse paisagístico, são independentes das vias dos veículos, que quando apenas servem as habitações, não têm saída, de modo a impedir a circulação contínua e as altas velocidades.”<sup>127</sup>

---

<sup>126</sup> PINTO, cit.124, p.155.

<sup>127</sup> PINTO, cit.124, p.155.



Fig.72 Concretizações até 1968.

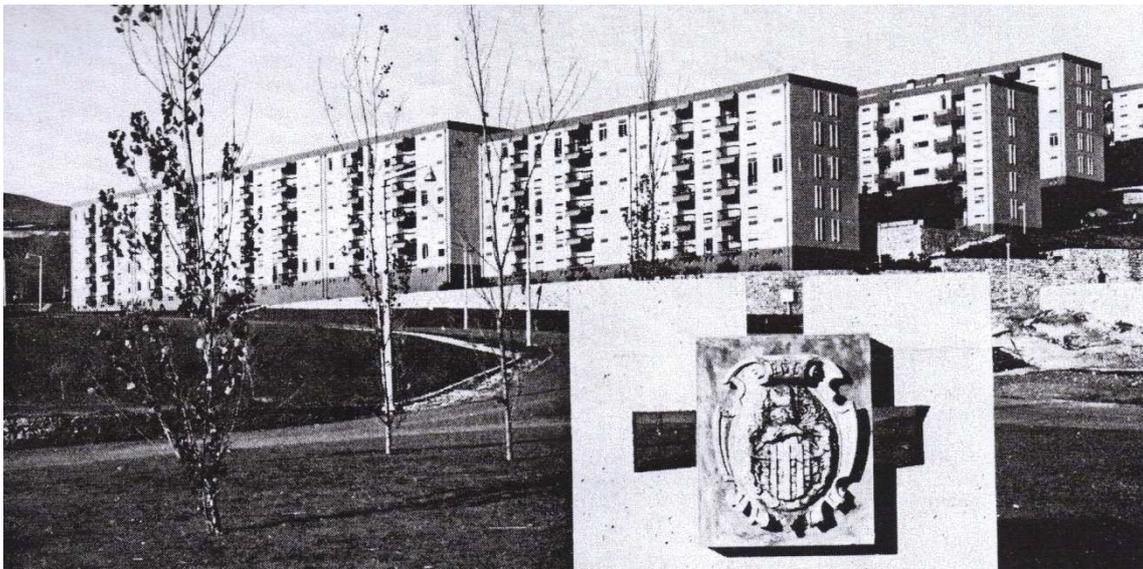


Fig.73 Santo António dos Cavaleiros, edifícios em banda, 1968.

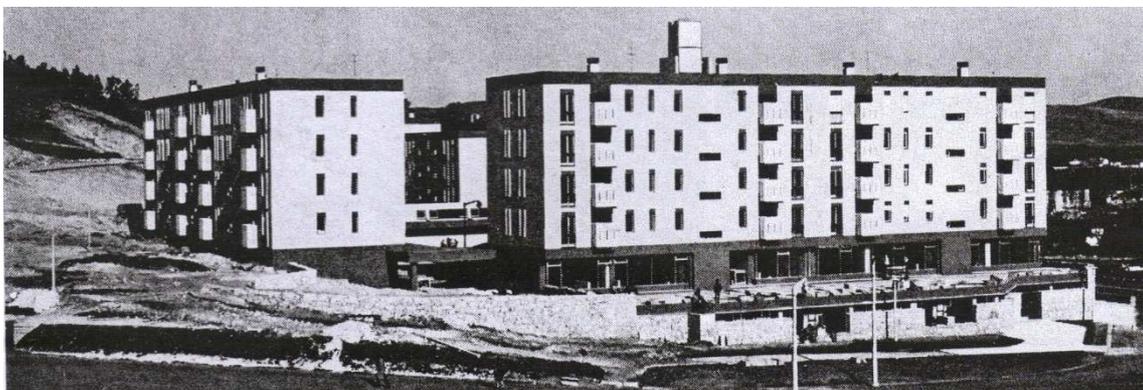


Fig.74 Núcleo comercial, Avenida Marquês de Marialva, 1968.

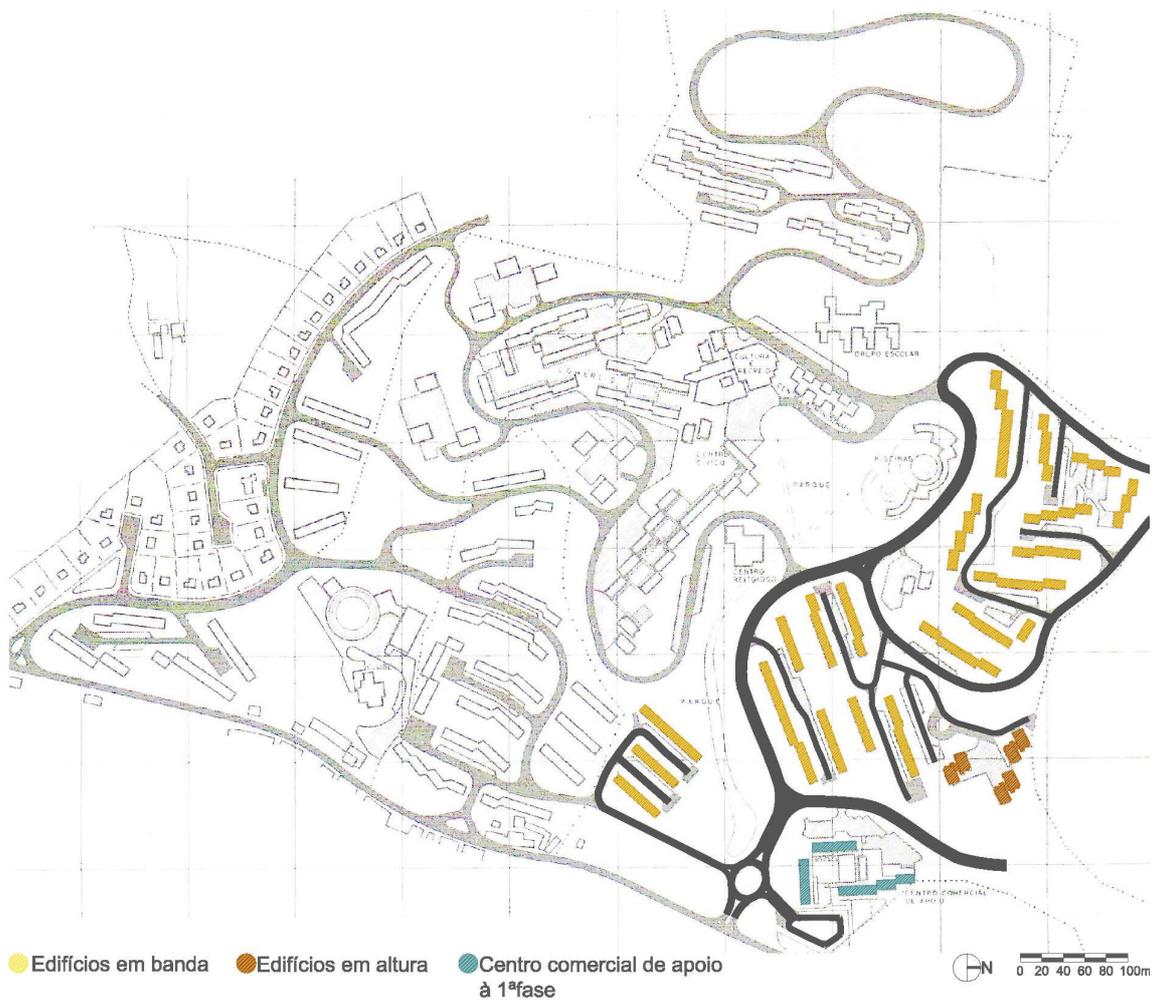


Fig.75 Concretizações da 1ª fase.

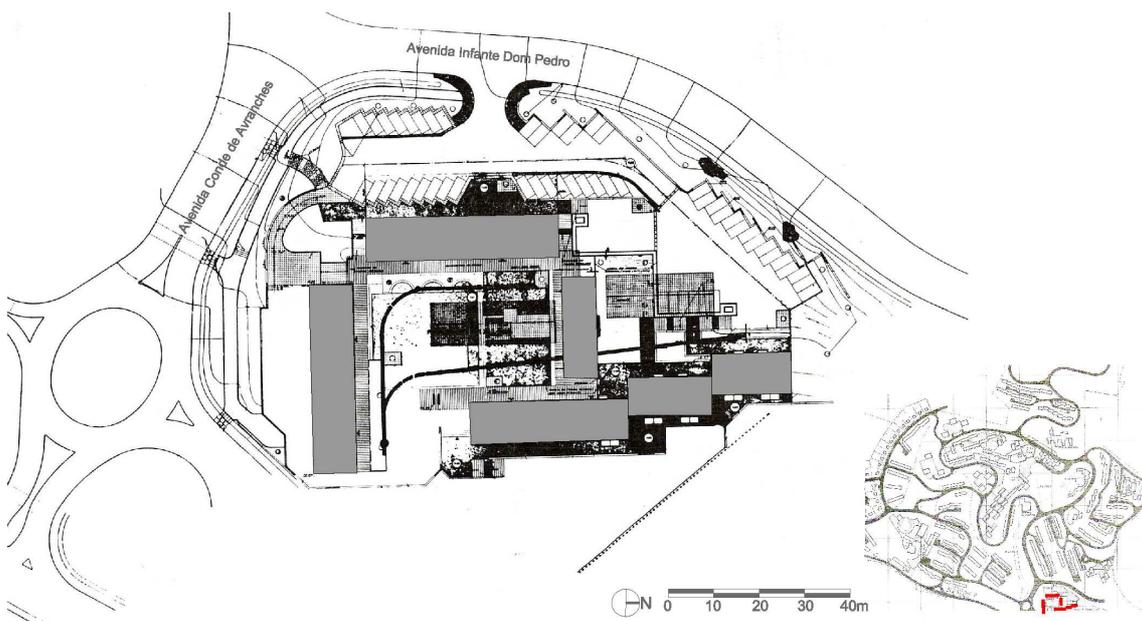


Fig.76 Centro comercial de apoio à primeira fase e que passou a ser o Centro Cívico.



Fig.77 Edifícios em banda da 1ª fase, implantação mais rígida em que as bandas laterais são paralelas.

## Implantação

Conciliar a forma do terreno, bastante acidentada, com o percurso das guias (horizontal), pois a grua trabalha só de nível.

“Este facto deu origem a uma implantação segundo as curvas de nível do terreno e, por maior economia, em dois blocos laterais de edifícios, paralelamente ao caminho das guias, distanciados entre si cerca de 25 metros, o que permitiu a respectiva montagem com a mesma grua.”<sup>128</sup>

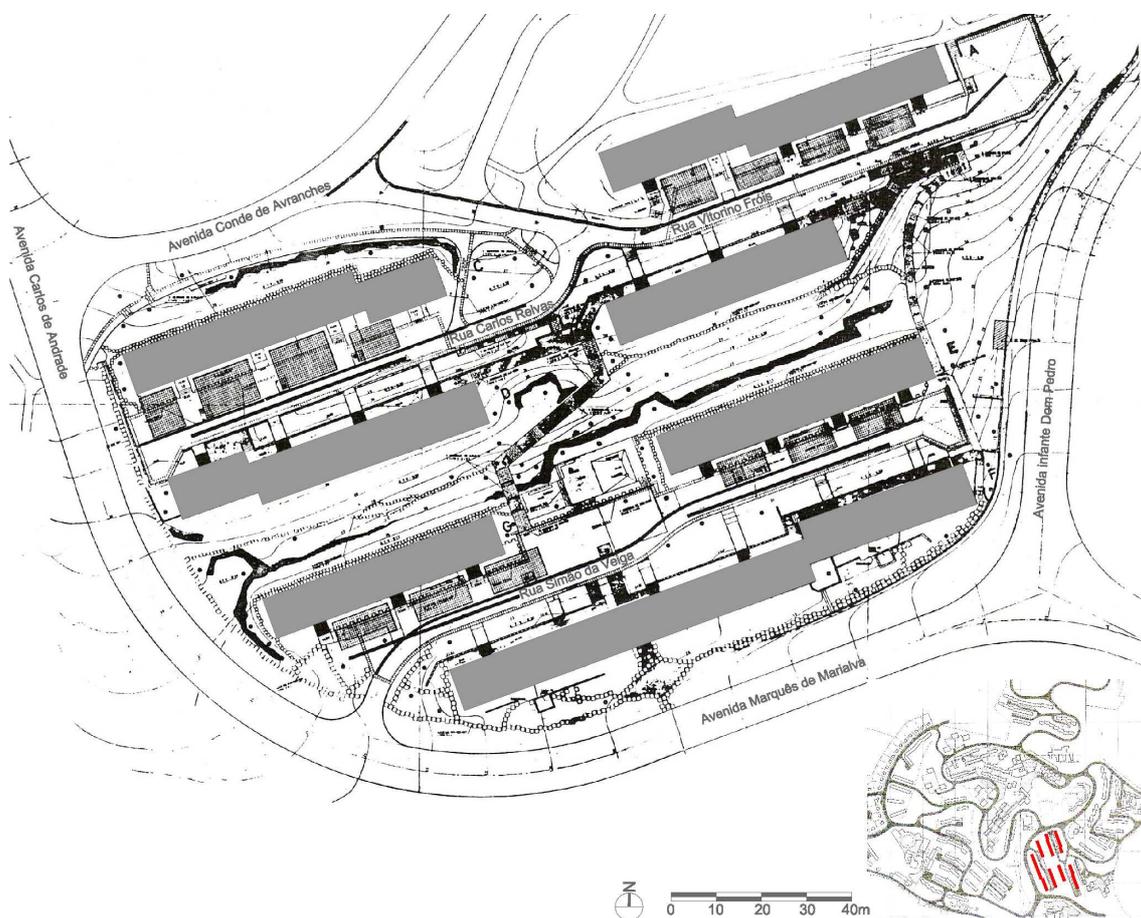


Fig.78 Implantação mais rígida em que as bandas de edifícios são paralelas e afastadas de modo a tornarem possível a montagem com a mesma grua numa só trajetória.

<sup>128</sup> PINTO, cit.124, p.155



Fig.79 Implantação mais livre de edifícios em banda. Praceta José Bento de Araújo (interior do quarteirão).

Posteriormente e à medida que foi adquirida mais experiência, foram realizadas implantações menos rígidas pois esta pode percorrer traçados não rectos e descolar-se em vários sentidos em torno dos edifícios, sem ser desmontada, segundo planos de inclinação até cerca de 8%, com motor e tracção auxiliar. O que permitiu implantações mais flexíveis em que os edifícios se dispõem não só segundo as curvas de nível mas também segundo as de maior declive.

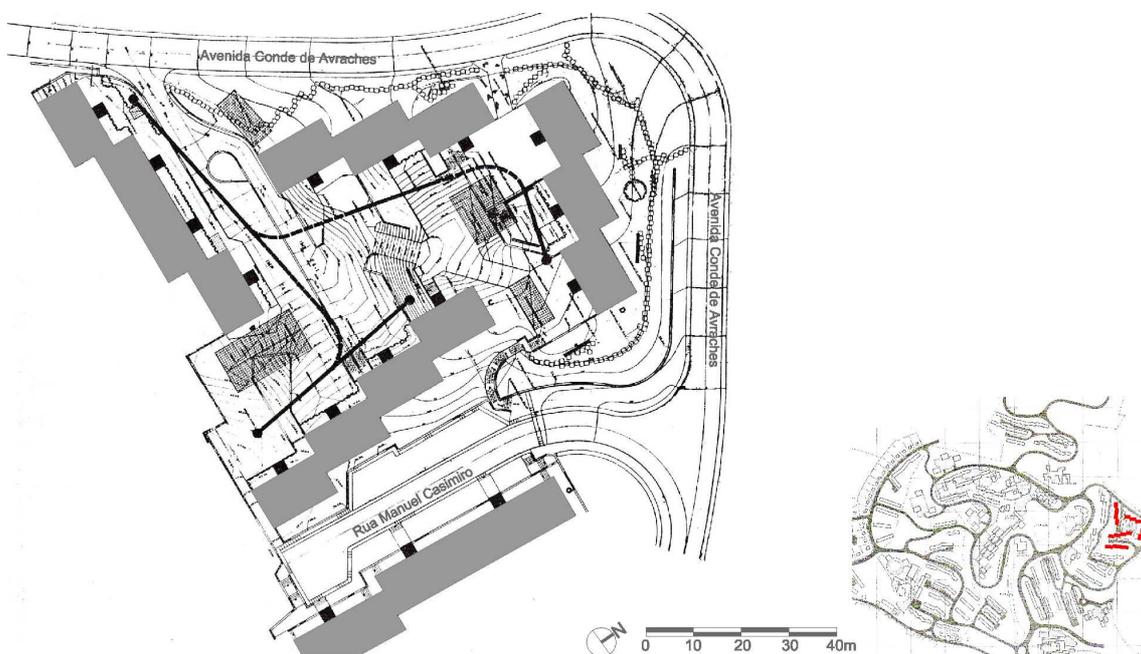


Fig.80 Implantação mais livre.



Fig.81 Implantação de edifícios em altura. (ao longo do tempo a maioria dos utilizadores fecharam as varandas, pondo em cauda a fachada origina)

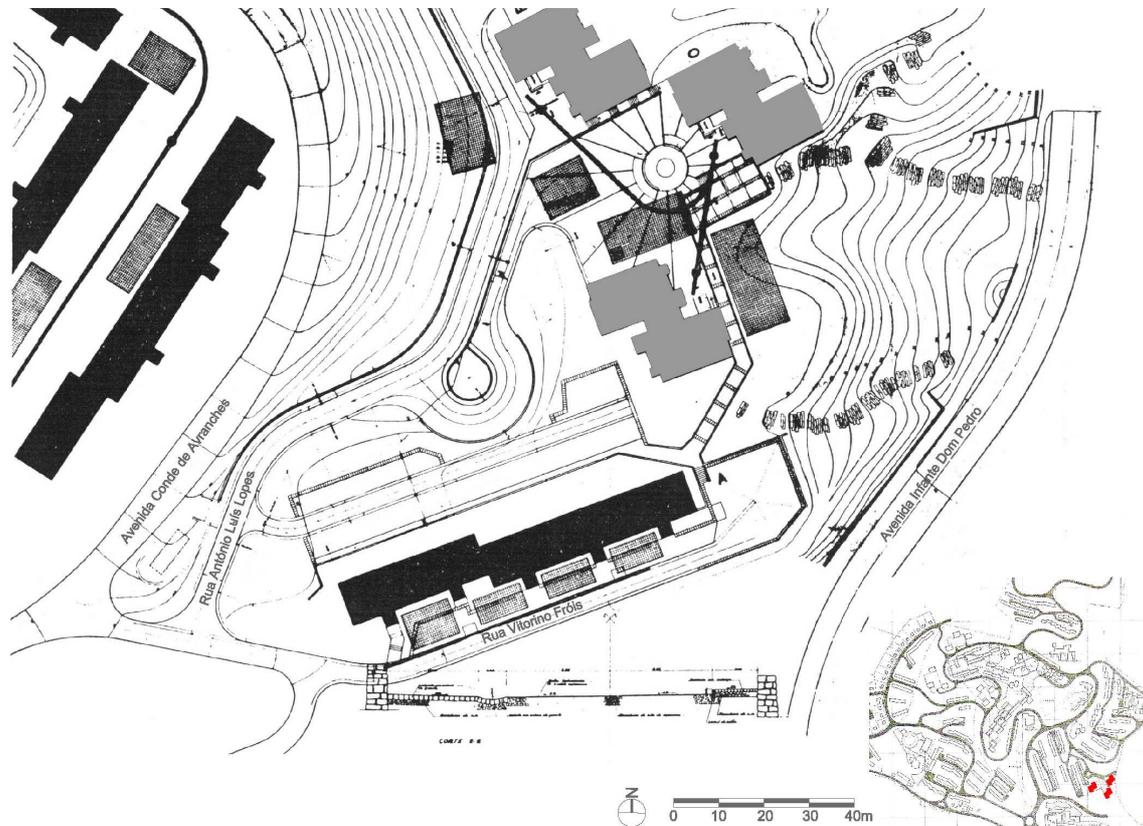


Fig.82 Implantação de edifícios em altura em que as gruas trabalham pontualmente.





Fig.83 Esquema da implantação do projecto da (cima) e implantação actual (baixo).



Fig.84 Muros de suporte de pedra.



Fig.85 Muros de suporte de betão.

### Modelação do terreno

“A topografia local deu origem a uma modelação de terreno cuja estrutura assenta repetidas vezes em muros de espera e de suporte constituídos, de início, inteiramente de alvenaria de pedra cuja construção se verificou mais morosa do que a pré-fabricada, como consequência de implicar mão-de-obra mais especializada e mais lenta.”<sup>129</sup> Como resultado desta experiência, ulteriormente, foram utilizados muros de suporte em betão moldado no local, utilizando cofragens especiais, de execução mais rápida. Conjuntamente tentou-se estudar e executar muros de suporte pré-fabricados de tijolo.

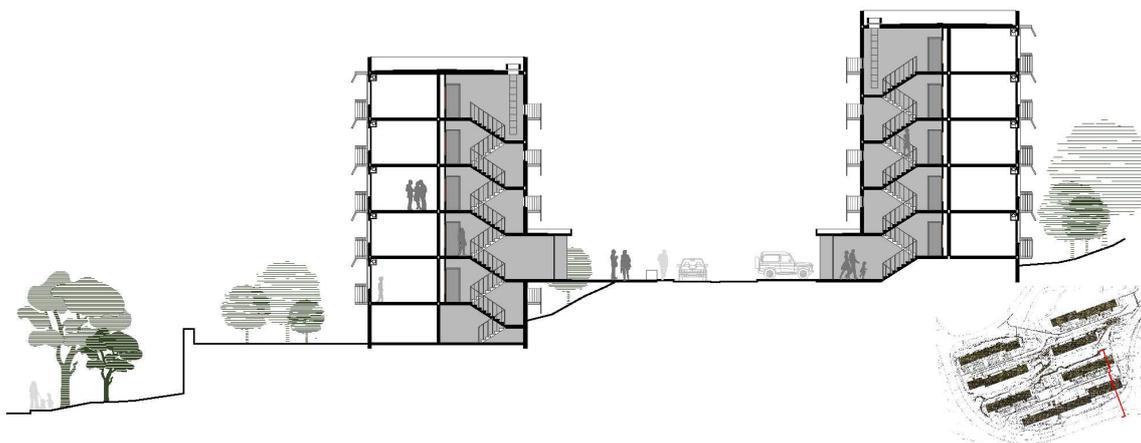


Fig.86 Corte que mostra exemplo de muros de suporte

### Tipologia arquitectónica

Urbanização de habitação colectiva, composta por 3000 fogos agrupados em edifícios até 5 pisos (em maior número) e em torres de 11 pisos, que são subdivididos em várias categorias de acordo com a organização do espaço interno das habitações, das respectivas áreas e dos acabamentos, apresentando uma gama variada, que pretende corresponder às necessidades sócio-económicas dos futuros utilizadores.

<sup>129</sup> PINTO, cit.124, p.156.



Fig.87 Quinta do Morgado, ICESA (os círculos vermelhos marcam os locais das imagens 71 e 72)



Fig.88 Edifícios em altura (11 pisos).



Fig.89 Edifícios em banda (5 pisos).

### **Categorias das habitações-base**

Procurou manter-se a estrutura da habitação-base de cada categoria, na passagem de uma habitação de tipo T1 a T2 a T3 e a T4, de modo a que fosse possível utilizar o maior número de vezes painéis comuns e zonas comuns – serviços e quartos – aplicando, por outro lado, os mesmos pormenores construtivos dentro da mesma categoria e sempre que possível em categorias diferentes.

Este crescimento, segundo a mesma estrutura, conseguiu-se através de um compromisso entre a organização do espaço, a respectiva estrutura parietal portante e as áreas.

Nas últimas construções foi conseguida uma estrutura parietal resistente e de divisórias mais regular, com o fim de se reduzir o número de painéis diferentes.

I1 – serviços juntos (instalações sanitárias + cozinha) ou seja partilham o mesmo espaço para as infra-estruturas de electricidade, água, esgotos; instalações sanitárias com banheira; tem arrecadação; não tem varanda. É a categoria mais económica.

I2a – serviços separados; instalações sanitárias com polibã; tem arrecadação; tem varanda junto à cozinha, por onde se faz o acesso.

I2b – serviços separados; instalações sanitárias com polibã; não tem arrecadação; tem varanda junto à cozinha mas, cujo acesso se faz através da sala.

I2c – cozinha é o centro da casa, categoria acima das outras; usada em outros locais, como por exemplo em Miraflores (Parque América) e Algés.

I3 – serviços juntos; tem arrecadação; tem duas varandas, uma junto à cozinha e outra junto à sala.

Como já foi mencionado os projectos da Quinta do Morgado tiveram como base, as categorias de SAC. (ver figs. 87,88 e 89)



Fig.90 Categoria It1.



Fig.91 Categoria I2. Vista da Avenida Conde d'Avranches.



Fig.92 Categoria I3..



1\_quarto 2\_quarto de casal 3\_quarto polivalente/quarto empregada  
4\_sala de refeições e de estar 5\_Arrumos 6\_depósito do lixo

Fig.93 Categorias e tipos.



Fig.94 Categoria I2C. Vista geral (ao longo do tempo a maioria dos utilizadores fecharam as varandas, pondo em causa a fachada original).



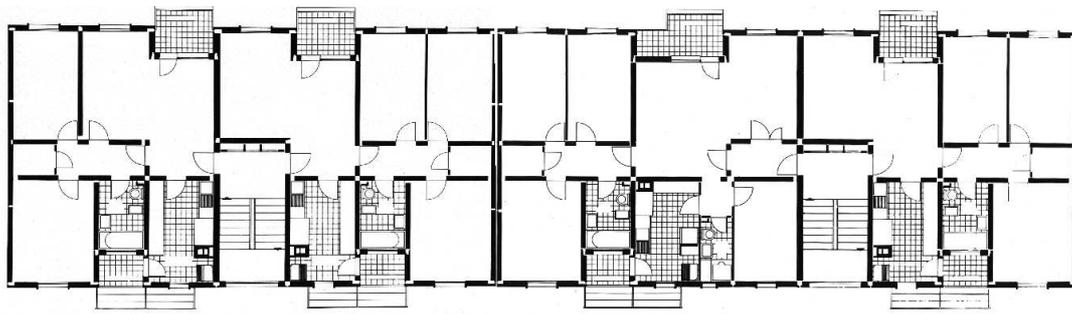
Fig.95 Categoria I2C. Fachada original.



Fig.96 Categoria I2C, tipos T2 e T3.



Fig.97 Categoria I3, Avenida Marquês de Marialva.



Alçado da entrada



Alçado principal



Fig.98 Sequência de plantas e alçados do edifício em banda da categoria I3, tipo T2/T3 e T3/ T4.



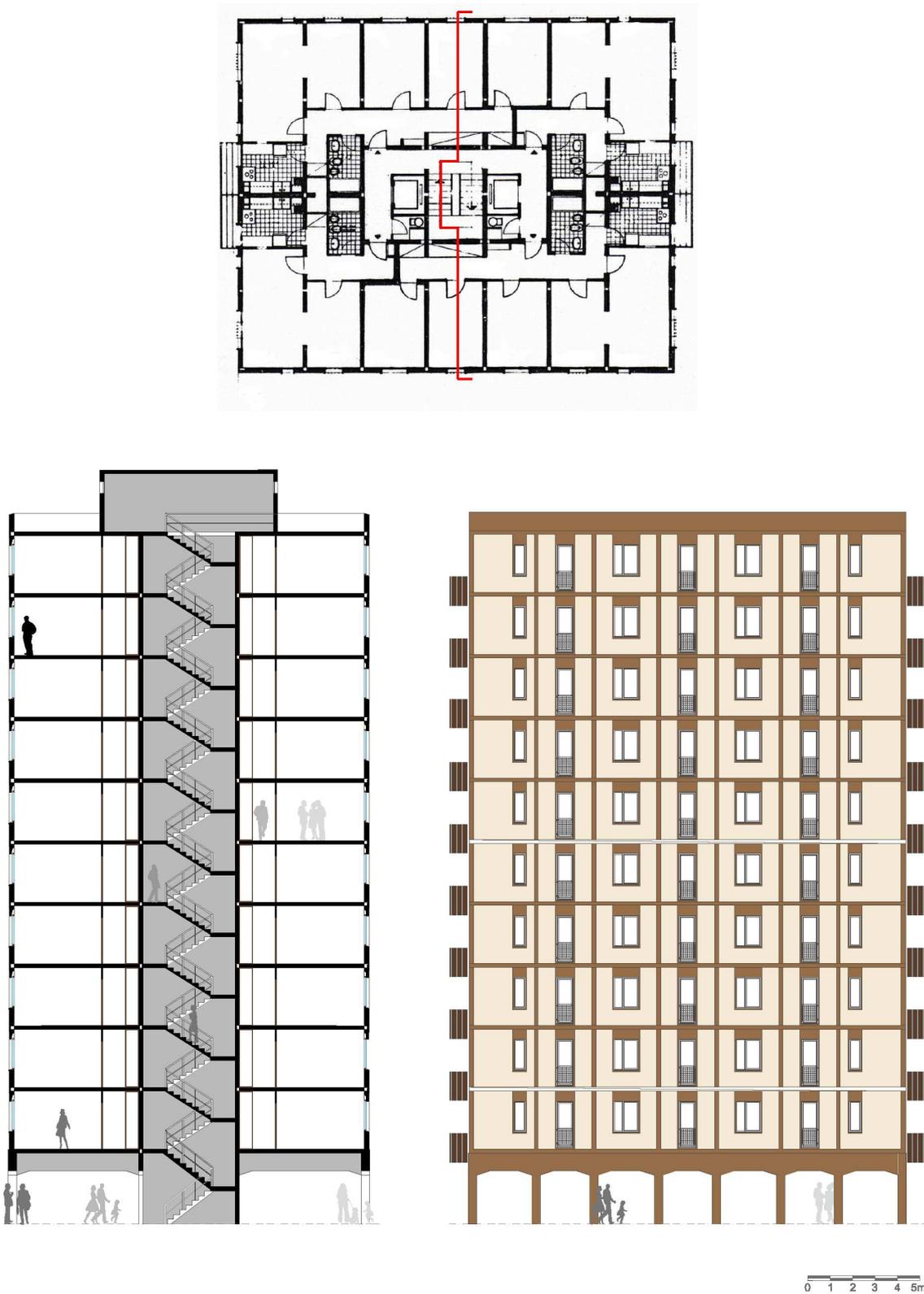


Fig.99 Planta, corte e alçado principal\_ It1, T1 e T4.



**Tipo de elevação**

Grua no estaleiro e pontes rolantes em fábrica.

**Grau/tipo de pré-fabricação**

Total/pesada.

**Sistema e vertente pré-fabricada**

Sistema fechado/planar.

**Normalização e Série**

Método dos modelos: paredes resistentes de fachada; paredes resistentes interiores; paredes divisórias (tabiques); lajes que englobam pavimentos, escadas e varandas; condutas de fumo e de ventilação, são pré-fabricadas dentro de sistema fechado e montadas para constituírem as diferentes categorias e tipos de habitações, estudados e concebidos para se adaptarem entre si. Este método exige uma grande repetição para que a fabricação em série de cada elemento seja rentável.

**Habitação mínima**

Áreas condicionadas pela natureza económica do projecto.

**Principais materiais utilizados**

Betão; tijolo; gesso

**Coordenação dimensional**

Não existe uma malha de projecto uma vez que todos os elementos estruturais (painéis, lajes, escadas) foram desenhados e fabricados exclusivamente para SAC – pré-fabricação fechada - logo não houve a preocupação de seguir os princípios da coordenação dimensional que permitem a coordenação das diversas partes que constituem a construção global, sendo fornecidas de fontes separadas – pré-fabricação aberta.

O objectivo primordial residia em projectar de modo a repetir o maior número possível de painéis e pormenores tipo, coordenando as suas dimensões.



Fig.100 Primeiro aro do vão – painel resistente exterior.

Relativamente às dimensões dos vãos é importante assinalar que aquando do início do projecto (1964) e mesmo da execução (1966) da primeira fase de SAC o estudo, elaborado pelo LNEC, de coordenação de dimensões de vãos e caixilhos – “Normalização de Elementos de Edificação – Estudo de Janelas” – ainda não tinha sido elaborado, pois este relatório data de 1968.

Os vãos foram dimensionados e normalizados exclusivamente para SAC, uma vez que havia repetição que justificava a sua produção em série. As janelas são constituídas por aros compostos: o primeiro aro, colocado aquando da pré-fabricação do painel, serve para marcar o perímetro do vão, e é a base para o segundo aro que inclui o caixilho móvel da janela.

Para facilitar o processo construtivo as direcções dominantes são ortogonais.

### **Planificação e organização da produção**

O projecto industrial está dividido nas seguintes partes: fundações até ao meio-fio; decomposição em painéis; estudo e desenho dos elementos pré-fabricados; moldes; montagem; juntas

### **Fundações até ao meio-fio**

Estudo e construção feitos pelos processos tradicionais. Entende-se “por meio fio, o plano de separação entre a parede tradicional e os restantes pisos, totalmente pré-fabricados; tal engloba normalmente, além das fundações, a cave, quando existir, indo até ao primeiro piso de habitação, e não incluindo a laje correspondente, que já é pré-fabricada.”<sup>130</sup> O material construtivo das paredes interiores e exteriores é o betão e correspondem, tanto quanto possível às paredes superiores pré-fabricadas.

Posteriormente foi estudada a substituição das paredes de betão por pré-fabricadas de tijolo, de acordo com o sistema construtivo mais rápido e económico. No centro comercial levantou-se um problema – a continuidade parietal vinha agora impossibilitar a organização do espaço com áreas maiores e fachada liberta de paredes em função das montras. O problema foi resolvido substituindo-se todas as paredes portantes por uma estrutura tradicional de

---

<sup>130</sup> PINTO, cit.124, p.156.

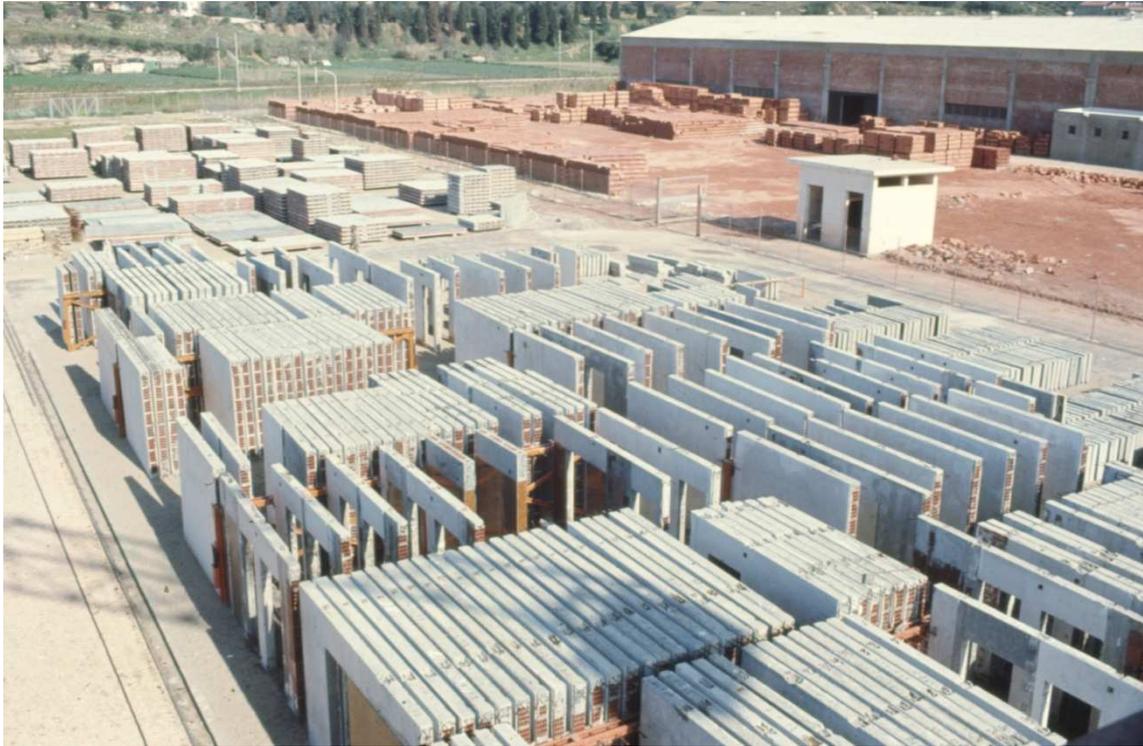


Fig.101 Parque de armazenamento de elementos pré-fabricados.

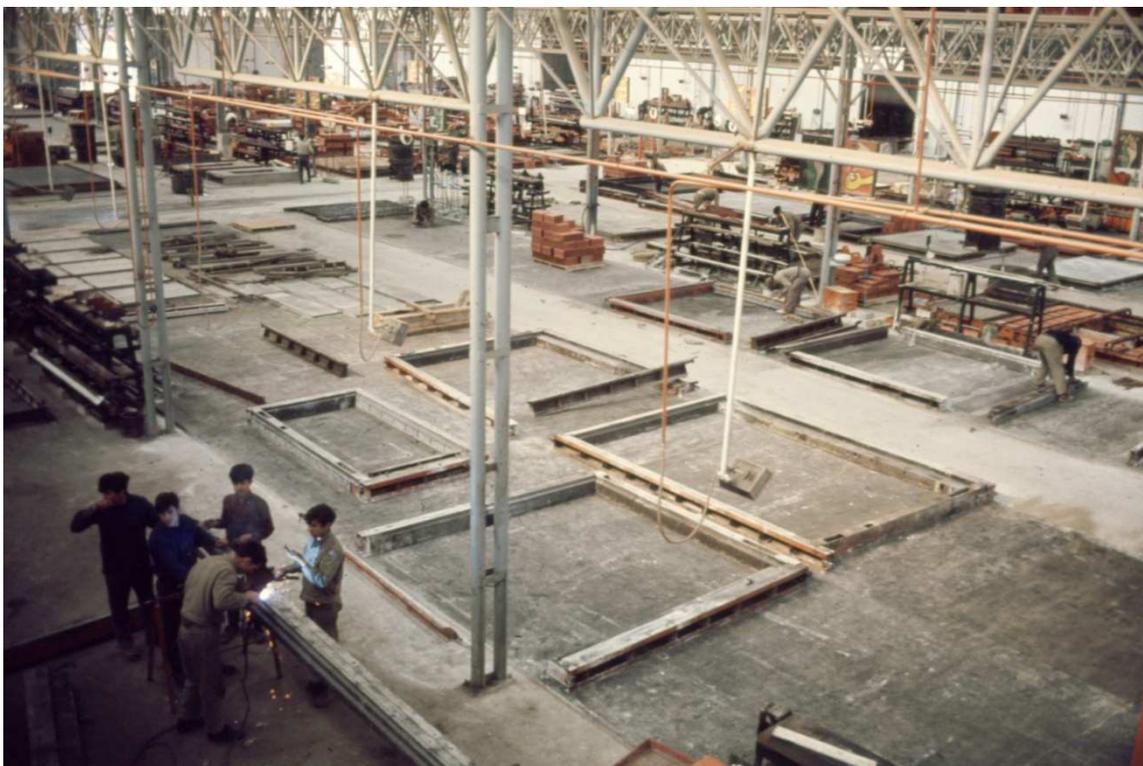


Fig.102 Vista geral da fábrica.

pilares e vigas em betão armado. Mais tarde esta estrutura foi estudada de modo a que os pilares e vigas fossem pré-fabricados.

### **Decomposição em painéis**

Executada depois do projecto estar completamente definido (apesar do estudo dos projectos ter já presente essa ideia).

“Nesta fase foram determinadas as dimensões dos painéis, cuja tendência é para a utilização de elementos de grandes dimensões dentro do compromisso potência mecânica de elevação, alcance na montagem, raio de acção e condicionamentos de transportes.”<sup>131</sup>

Em relação ao último ponto, o Código da Estrada permitia, em condições especiais, o que acontece para o caso da realização de SAC, o transporte de painéis com largura e altura máximas de 3m e 2,8m (4,15 - 1,35), respectivamente.

### **Estudo e desenho dos elementos pré-fabricados**

“Fase em que são estudados e desenhados, exaustivamente, todos os painéis pré-fabricados, com o ajuste na posição dos vãos, colocação de ferros de suspensão, armaduras, distribuição de todos os tijolos, inserção de tubos de PVC (instalações eléctricas), determinação dos furos para a passagem das canalizações de águas, de esgotos e gás e definição de todas as reservas para suspensão dos lavatórios, armários de cozinha, serrilharias, etc.”<sup>132</sup>

São 5 tipos: paredes resistentes de fachada, paredes resistentes interiores, paredes divisórias (tabiques); lajes, que englobam pavimentos, escadas e varandas; condutas de fumo e ventilação.

#### Painel resistente exterior

Espessura de 21,5 cm

Peso de 290 a 300 kg/m<sup>2</sup> para edifícios em banda horizontal até 5 pisos.

Peso de cerca de 420 kg/m<sup>2</sup>, para as paredes dos primeiros 5 pisos das torres, que são reforçadas, acrescentando-se ao peso normal mais cerca de 120 kg/m<sup>2</sup>.

---

<sup>131</sup> PINTO, cit.124, p.157.

<sup>132</sup> PINTO, cit.124, p.157.



Fig.103 Pré-fabricação de parede resistente exterior com vão, reforçada, para uso nos cinco primeiros pisos dos edifícios em altura.

Camada interior – 1,5 cm – sendo substituído nas zonas de água por igual espessura de cimento + uma camada de tijolo – 17 cm – com um perfil especial que assegura a continuidade do elemento cerâmico, o que garante o bom isolamento térmico e estabilidade da camada de gesso, com juntas de betão como nas paredes tradicionais + uma camada de betão – 3 cm.

Para maior isolamento acústico em projectos especiais, as paredes podem ser mais pesadas, de composição mais complexa ou utilizando parede dupla, dentro do compromisso entre isolamentos, economia e processo construtivo.

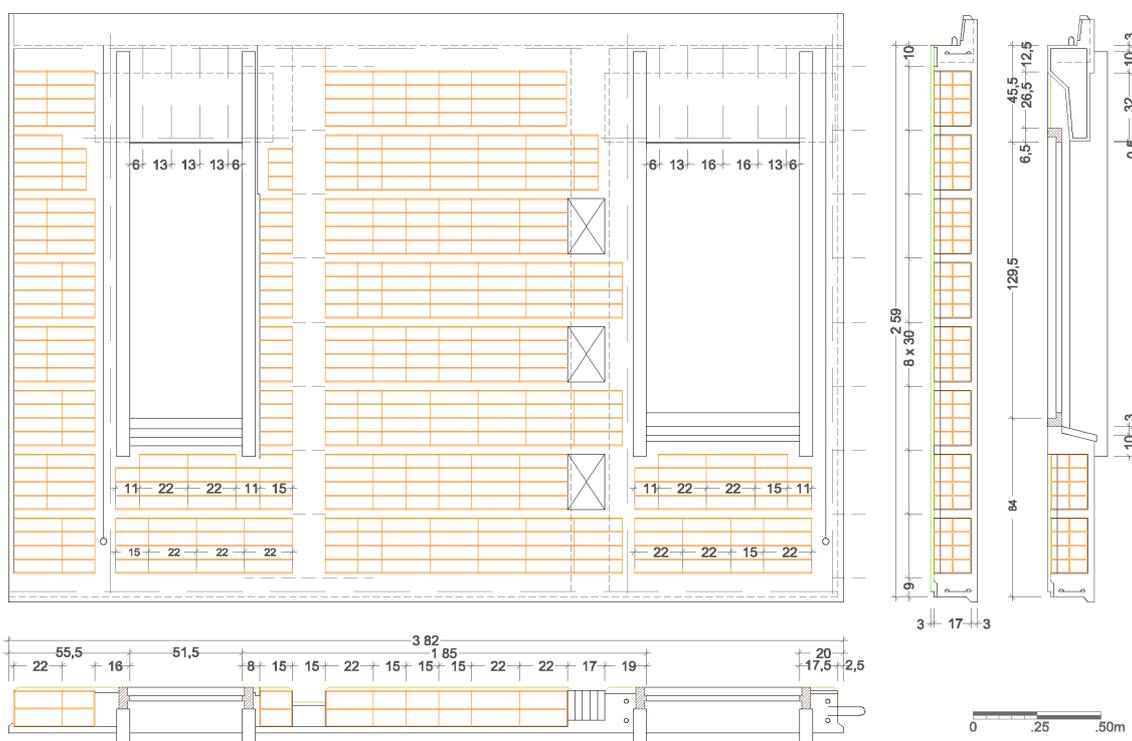


Fig.104 Painel resistente de fachada.

Painel resistente interior

Espessura de 17 cm

Peso de 220 kg/m<sup>2</sup> para edifícios em banda horizontal até 5 pisos.

Peso de cerca de 330 kg/m<sup>2</sup>, para as paredes reforçadas das torres.



Fig. 105 Painel resistente interior.

Camada de gesso – 1 cm + uma camada de tijolo – 15 cm – com juntas de betão + segunda camada de gesso – 1 cm – substituída por igual espessura de betão, nas zonas de águas, para maior aderência da pintura ou de revestimentos cerâmicos. Espessura de 19 cm e peso de pelo menos 250 kg/m<sup>2</sup> – escadas e separação de fogos.

Camada de gesso interior da habitação – 1 cm + uma fiada de tijolo – 17 cm + camada de gesso na zona das caixa de escadas – 1 cm.

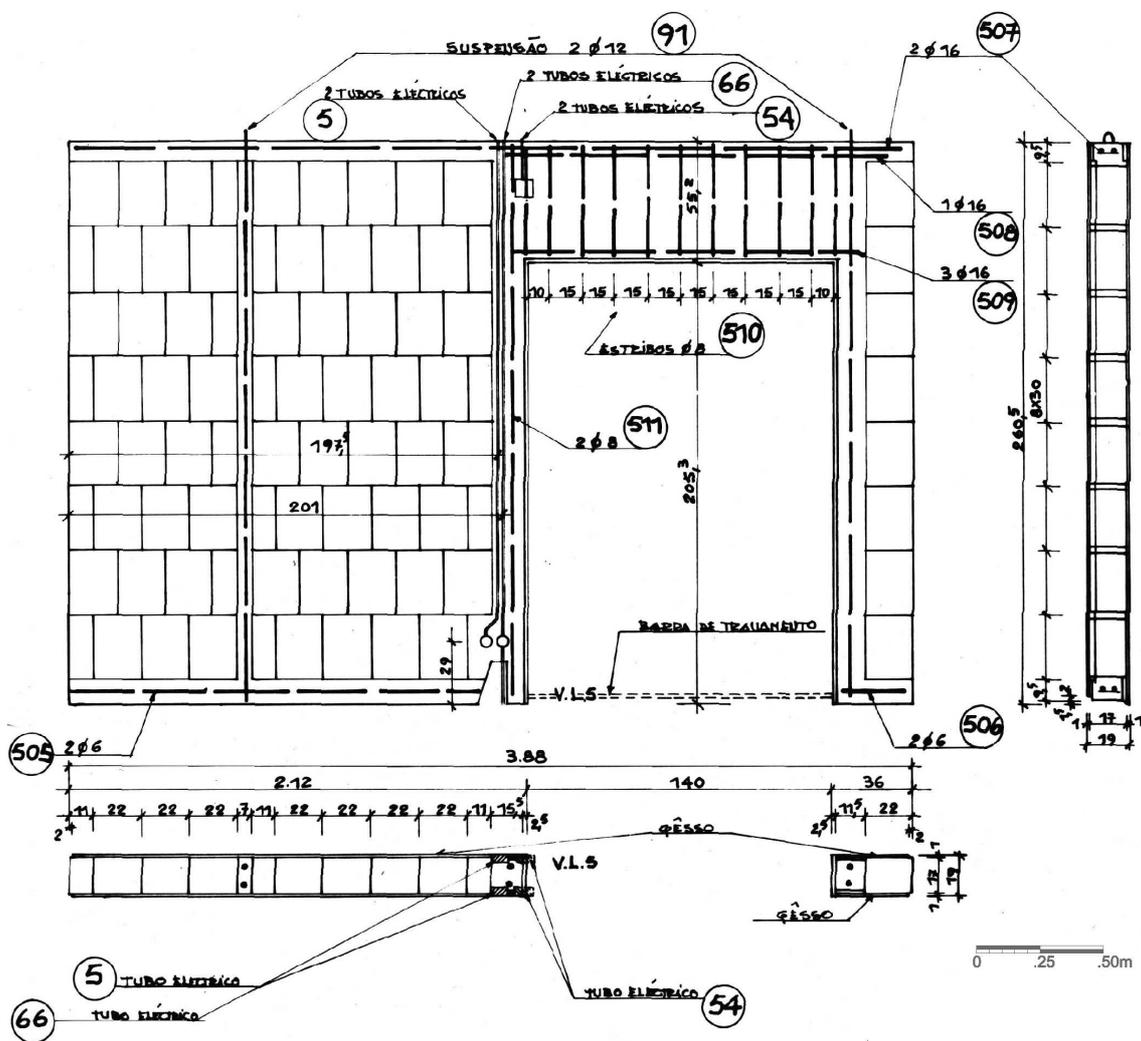


Fig.106 Painel resistente interior.



Fig.107 Pré-fabricação de tabique.

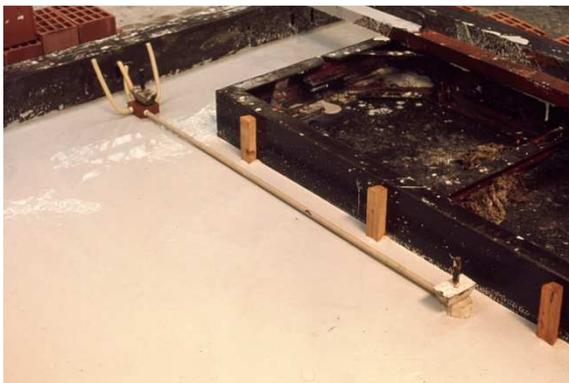


Fig.108 Aplicação de tubagens de PV para instalações eléctricas num tabique.

Parede divisória (tabique)

Espessura de 7cm.

Peso de 90 kg/m<sup>2</sup>.

Camada de gesso – 1 cm + uma camada de tijolo – 5cm + camada de gesso – 1 cm – substituída por igual espessura de betão, nas zonas de águas.

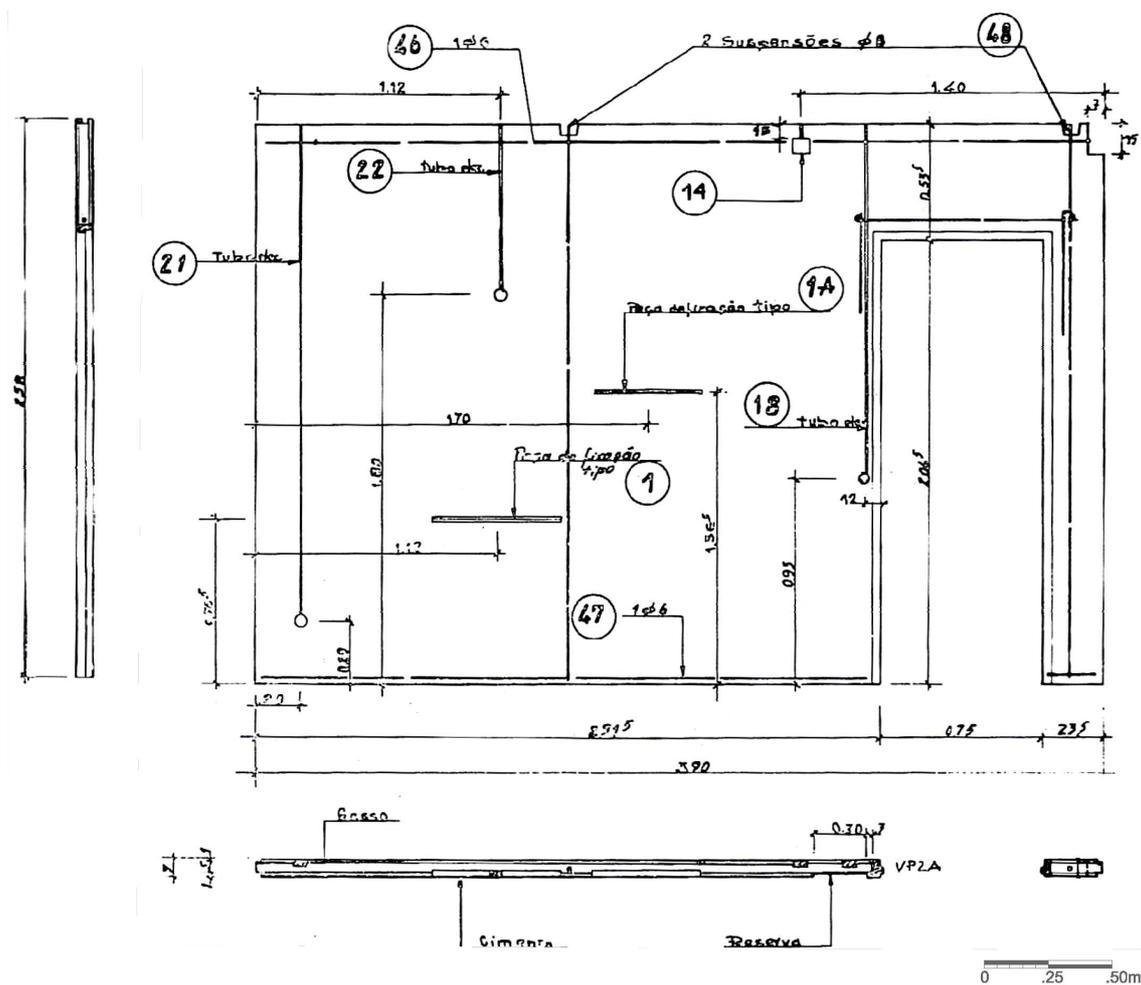


Fig.109 Painel interior – tabique.



Fig.110 Pré-fabricação de uma laje.

## Laje

Engloba todos os elementos horizontais – pavimentos, patamares e varandas – e escadas.

Escadas e varandas são em betão armado.

Patamares e pavimentos: espessura no toco de pelo menos 17cm e peso mínimo de 220 kg/m<sup>2</sup>.

“Para maior isolamento acústico as lajes de pavimento podem ser mais pesadas, por aumento da espessura do tijolo ou por aumento do número das nervuras de betão armado, entre as fiadas de tijolo mais estreito, ou ter maior complexidade pela incorporação de uma camada de lã de vidro ou mineral em mantas ou ainda placas de placas rígidas ou semi-rígidas de espessura na ordem de 1,5 a 2cm fixadas entre a lâmina de compressão e uma camada de betonilha de 3 cm de espessura, constituindo um pavimento flutuante.”<sup>133</sup>

Composta por tijolos com aba, sobre a qual era colocada a armadura.

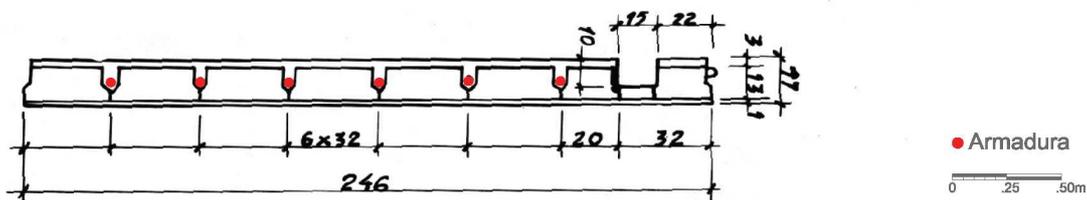


Fig.111 Laje.

<sup>133</sup> COLÓQUIO NACIONAL DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO PINTO, 2, - A pré-fabricação na industrialização da construção. 1973, p.159.



Fig.112 Escadas pré-fabricadas.

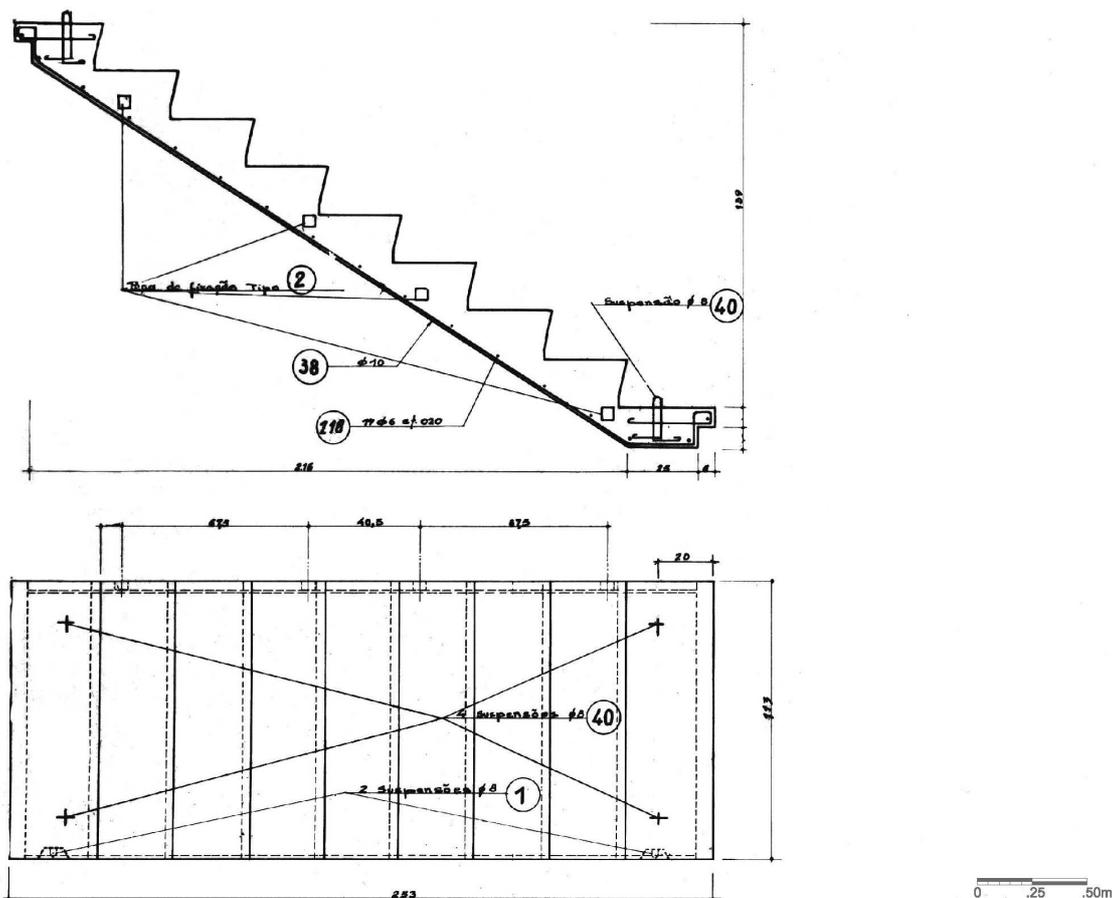


Fig.113 Escadas.

Conduitas de fumo e de ventilação

Fabricadas com um betão de tijolo fragmentado

Dimensões exteriores – 46,5x30 cm

Funcionam para 5 pisos

**Moldes**

Moldes normais metálicos (ou de madeira para elementos de pouca repetição) para paredes ou lajes, constituídos por quatro peças: dois elementos horizontais, superior e inferior cuja distância entre estes corresponde ao pé-direito (2,7m) e os laterais, que se deslocam apoiados e fixados nos dois primeiros, podendo assim o mesmo molde dar origem a painéis com diferentes comprimentos ou possibilitar o



Fig.114 Lubrificação do fundo do molde de modo a facilitar desmoldagem.

fabrico de mais que um painel simultaneamente. Os quatros elementos devem estar em rigorosa esquadria para que, à posteriori, as juntas dos diferentes painéis sejam paralelas.

Como peças suplementares existem as pontes de fixação, que são apoiadas e solidarizadas às faces superior e inferior e que servem para fixar os vãos de portas, de janelas e reservas.

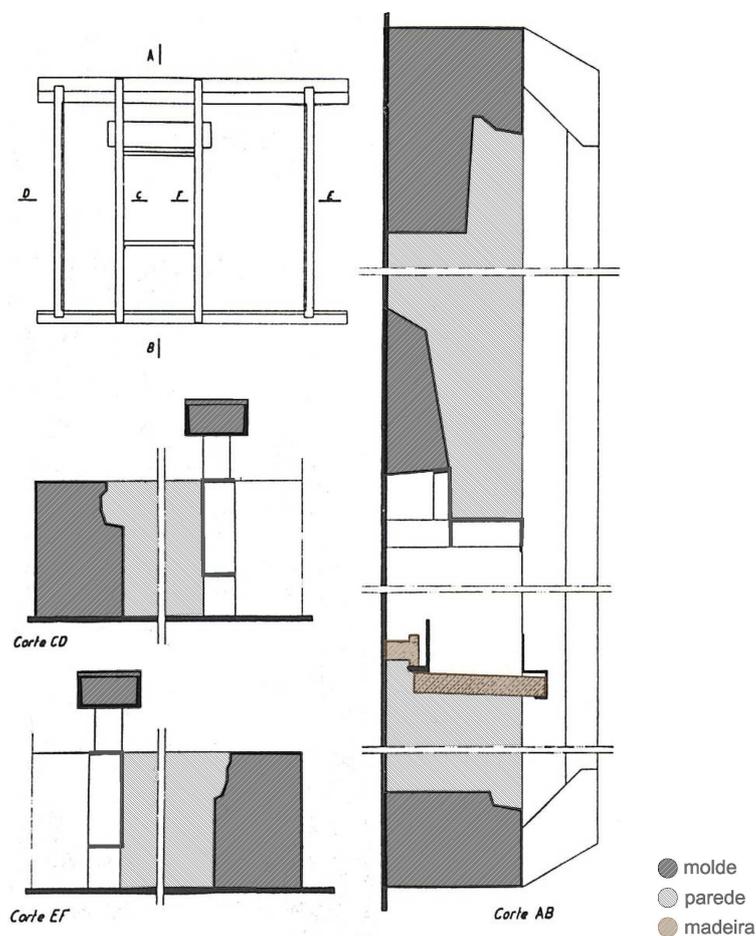


Fig.115 Esquema de montagem de molde para painel de fachada com vão.



Fig.116 Montagem de uma torre da categoria I2C.

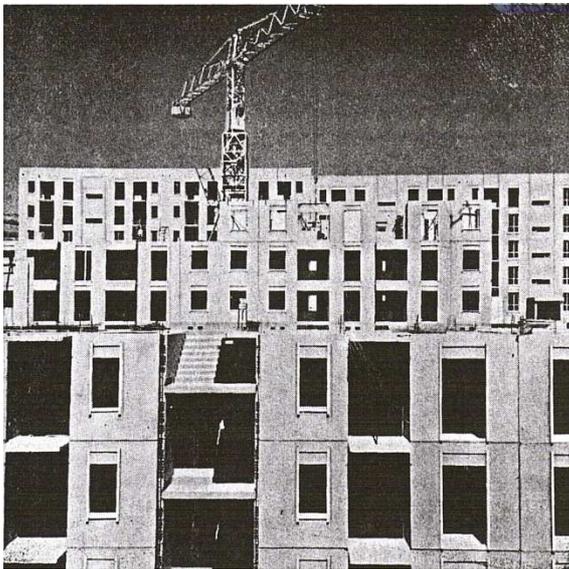


Fig.117 Montagem de edifícios em banda.

## **Montagem**

Estudo da posição de cada elemento no local de montagem, segundo uma ordem cronológica de assentamento.

1º Lajes de pavimentos, patamares e lanços de escadas

2º Painéis com funções resistentes (interiores e de fachada)

3º Paredes divisórias (tabiques)

4º Conduatas de fumo e as protecções das prumadas de instalações técnicas

Estes elementos, depois de montados na obra, são interligados através de cintas interiores e de fachada (juntas horizontais) e montantes (juntas verticais) de betão armado.

A identificação dos elementos pré-fabricados é realizada através de uma letra+número.

Letras: T – tabique; P – parede; L – laje; V – varanda, E – escadas

Numero: marca a diferença que existe entre os elementos da mesma espécie.

## **Juntas (verticais e horizontais)**

Ligação entre dois painéis de fachada, resolvidos de modo a impedir a passagem de água ou humidade do exterior para o interior, através de betão armado.

Constituem uma cadeia de travamento, para a qual contribui a grande aderência entre o betão fresco e os elementos cerâmicos (o betão vaza cerca de 6cm para o interior dos alvéolos dos tijolos contíguos às juntas), comportando-se o edifício como um conjunto monolítico.

São da máxima importância, uma vez que a pré-fabricação é um sistema de juntas. A esquadria dos painéis garante que as juntas sejam paralelas, no entanto se os painéis não forem milimetricamente colocados na sua posição, estas podem não ficar paralelas, pondo em causa a estanquicidade.

### Juntas horizontais

Dois painéis de fachada encaixados segundo perfis especiais, permitindo o escoamento das humidades e formar uma câmara de ventilação para secagem das mesmas. Esta câmara é fechada exteriormente por uma 'mousse' plástica comprimida pelos bordos inclinados dos painéis. A posição desta 'mousse'



é recuada em relação ao exterior, de modo a não receber directamente os raios solares ou a acção das chuvas.

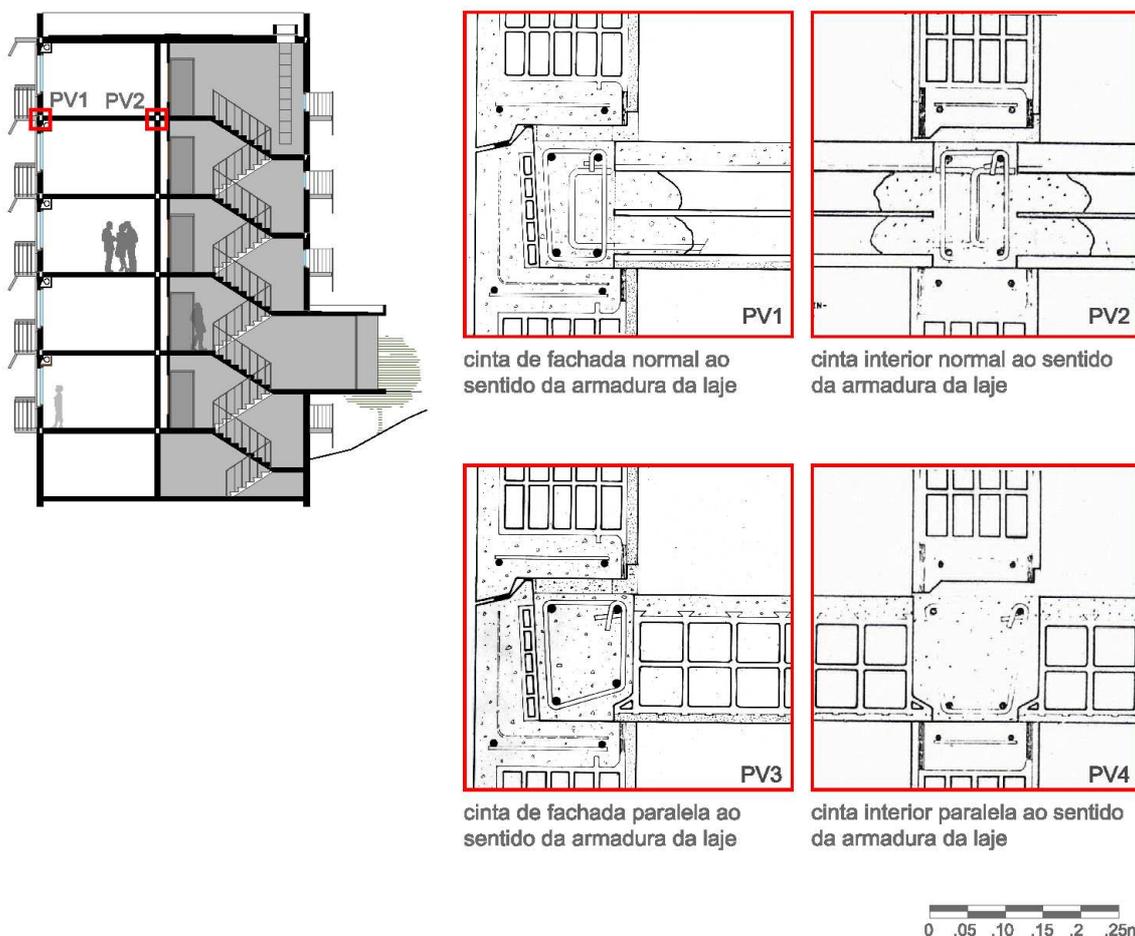


Fig.118 Juntas e nós horizontais interiores e exteriores.

### Juntas verticais

Dois painéis de fachada colocados lado a lado. Estes painéis são perfilados nos topos de tal modo que quando estão encostados formam, na parte exterior, uma câmara semelhante à das juntas horizontais. Da mesma forma, do lado



exterior é colocada a 'mousse' que fica comprimida pelos bordos dos painéis. Na parte interior esta câmara é separada do montante de betão armado por uma banda de cartão betuminoso colocada a quente.

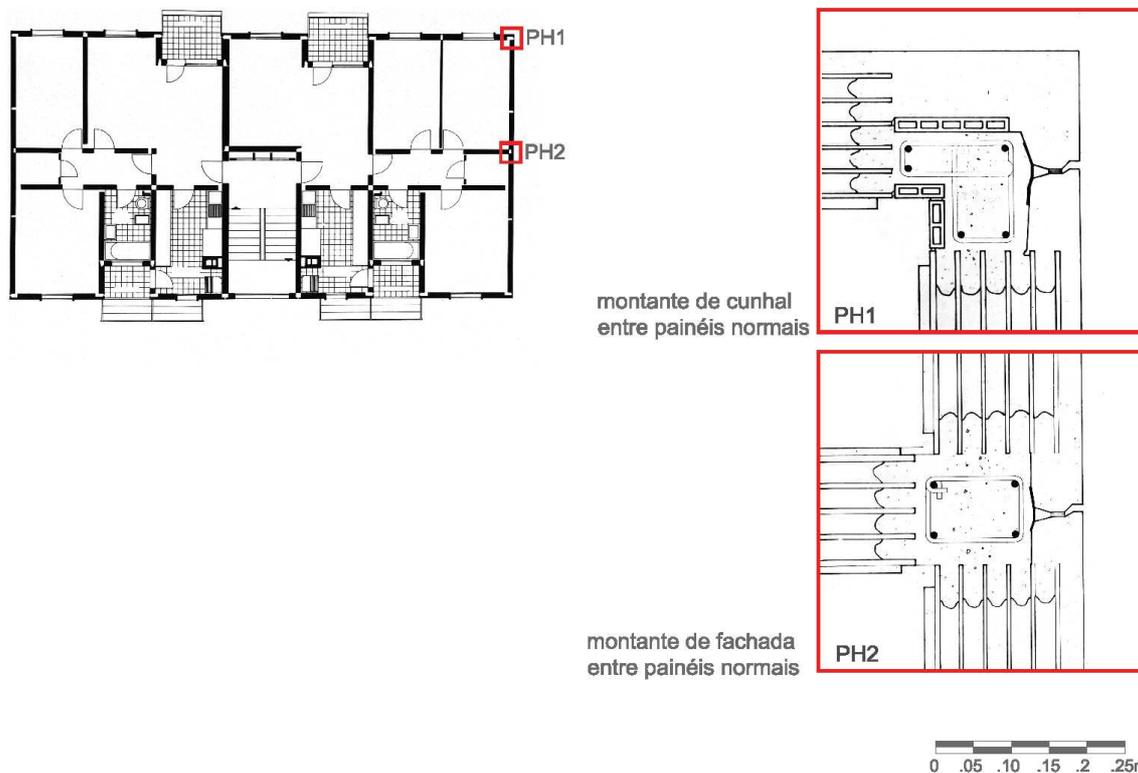


Fig.119 Juntas e nós verticais exteriores.

### Tolerâncias

2/3 mm

### Acabamentos

Espessura de cerca de 7mm (independentemente da sua natureza e função)

Zonas de águas – mosaico cerâmico de 2,5x2,5 cm

Restantes zonas – 'parquet' de madeira

Aplicação sobre o betão da lâmina de compressão fresco.

### Pormenores construtivos:

Espaçamento de cerca de 20 cm entre edifícios em banda.

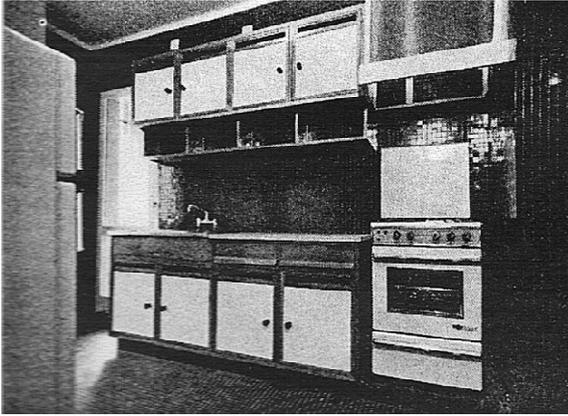


Fig.120 Cozinha.

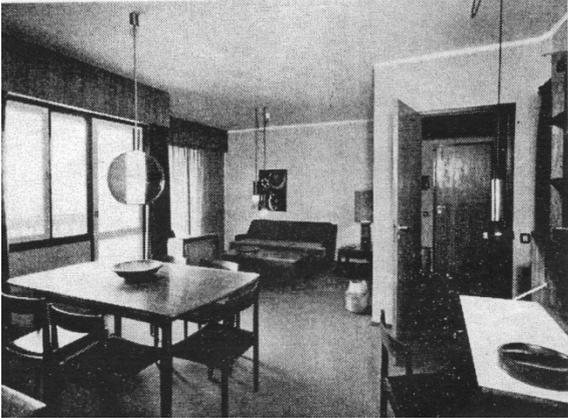


Fig.121 Sala comum.

**Categoria I3, tipos T3 e T4**

T3:  $A = Au (69,72m^2 + Av (5,28m^2) = 75m^2$

T4:  $A = Au (86,41m^2) + Av (6,78m^2) = 93,19m^2$

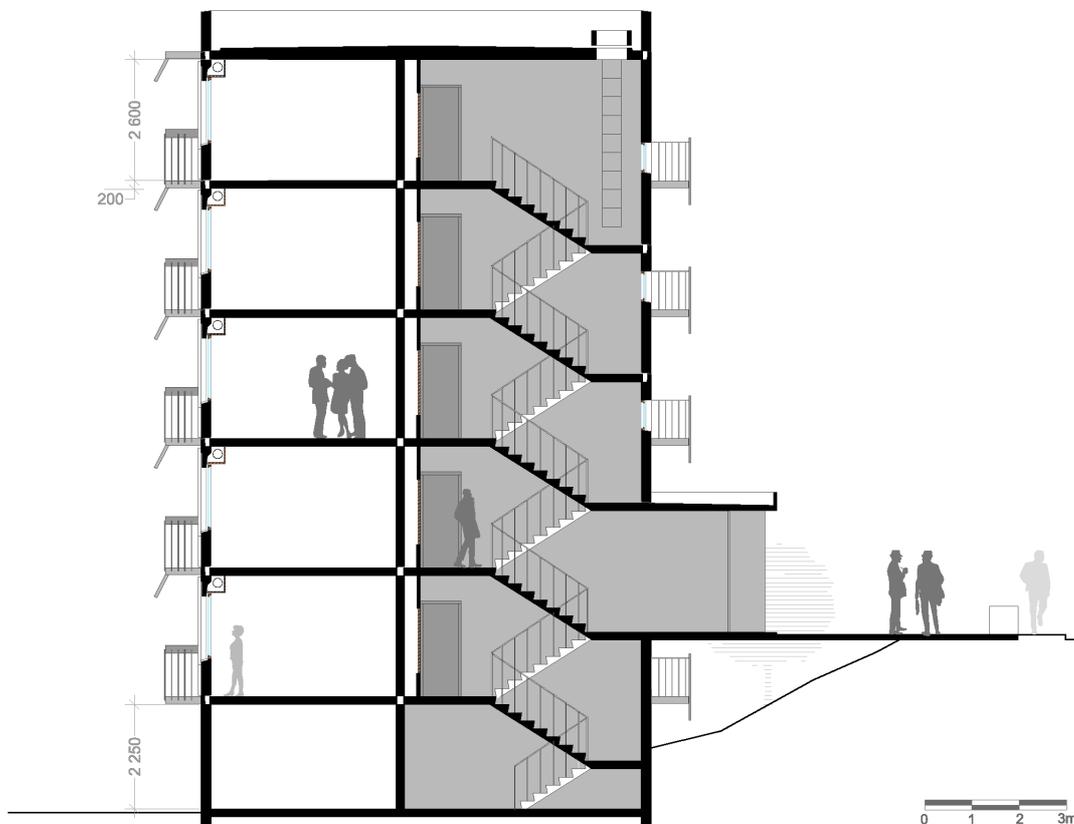
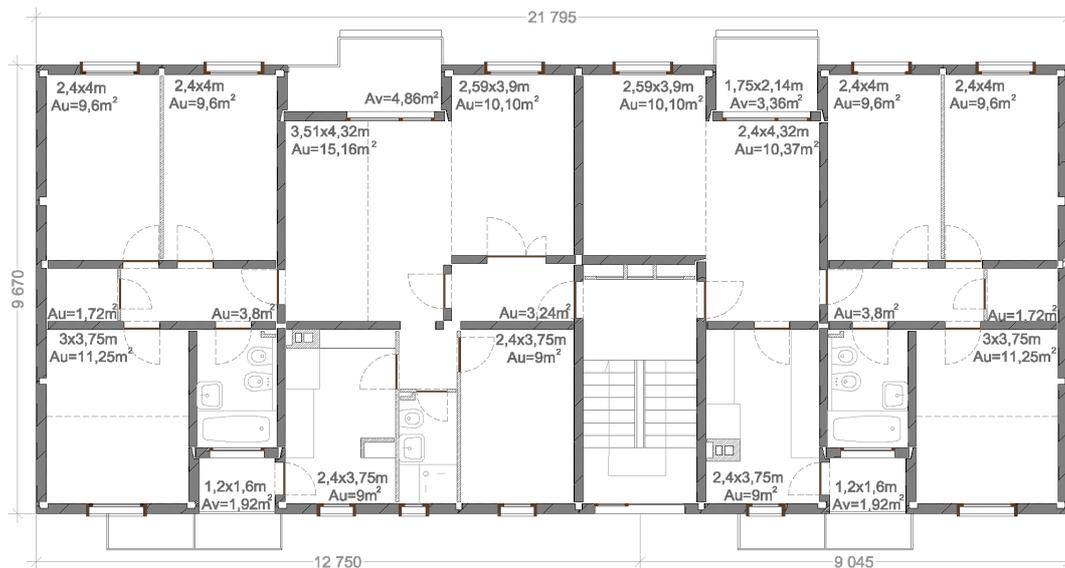


Fig.122 Planta com Au (áreas úteis) e Av (áreas de varanda) e corte transversal

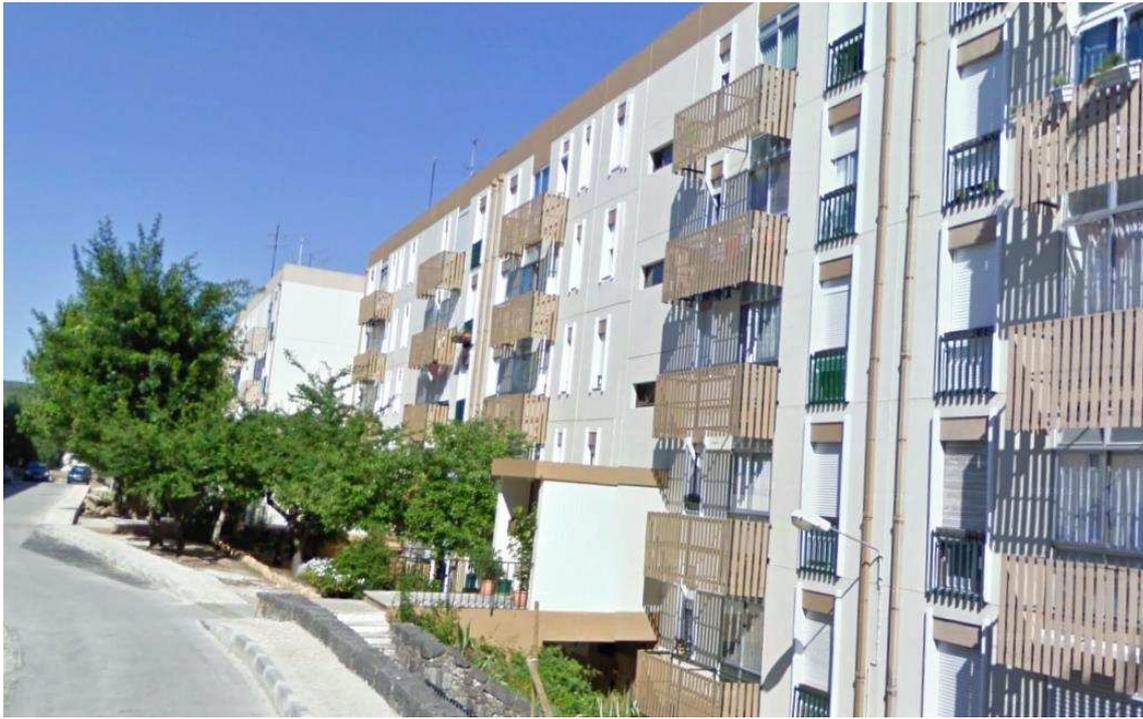
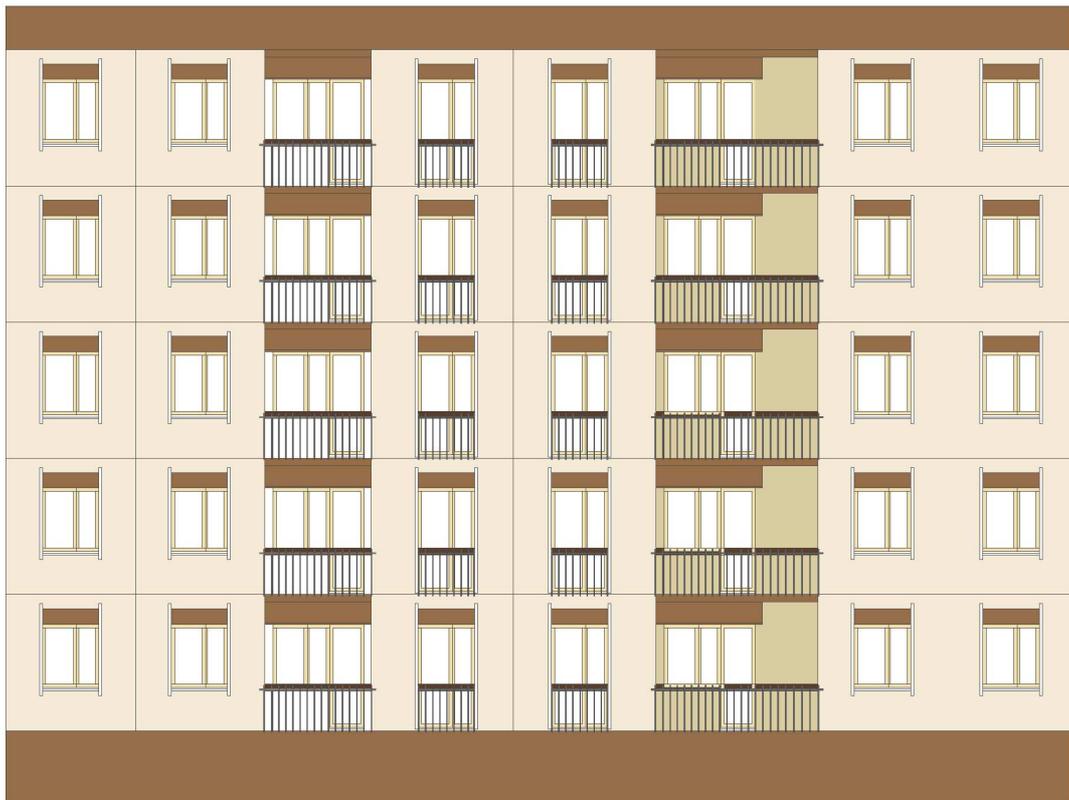


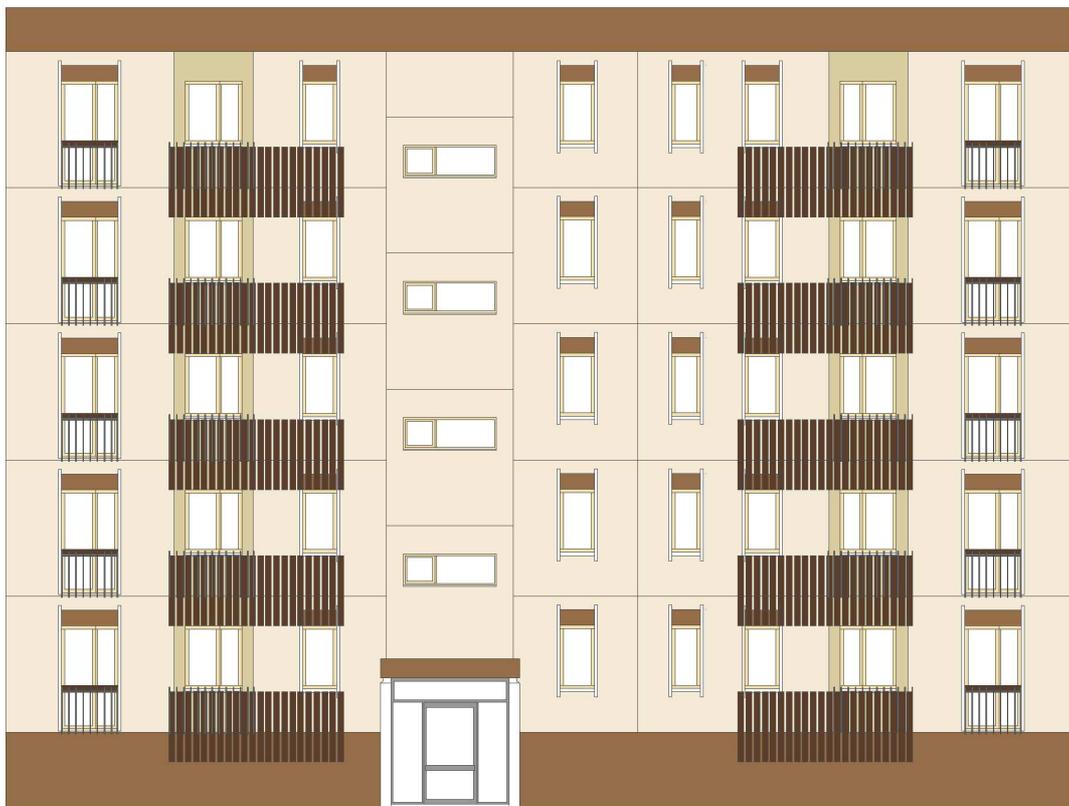
Fig.123 Categoria I3. Alçado da entrada, Rua Simão da Veiga.



Fig.124 Categoria I3. Alçado para a Avenida Marquês de Marialva.



Alçado principal



Alçado da entrada



Fig.125 Alçados.



Fig.126 Outra opção para o alçado da entrada. Avenida Conde d'Avranches.

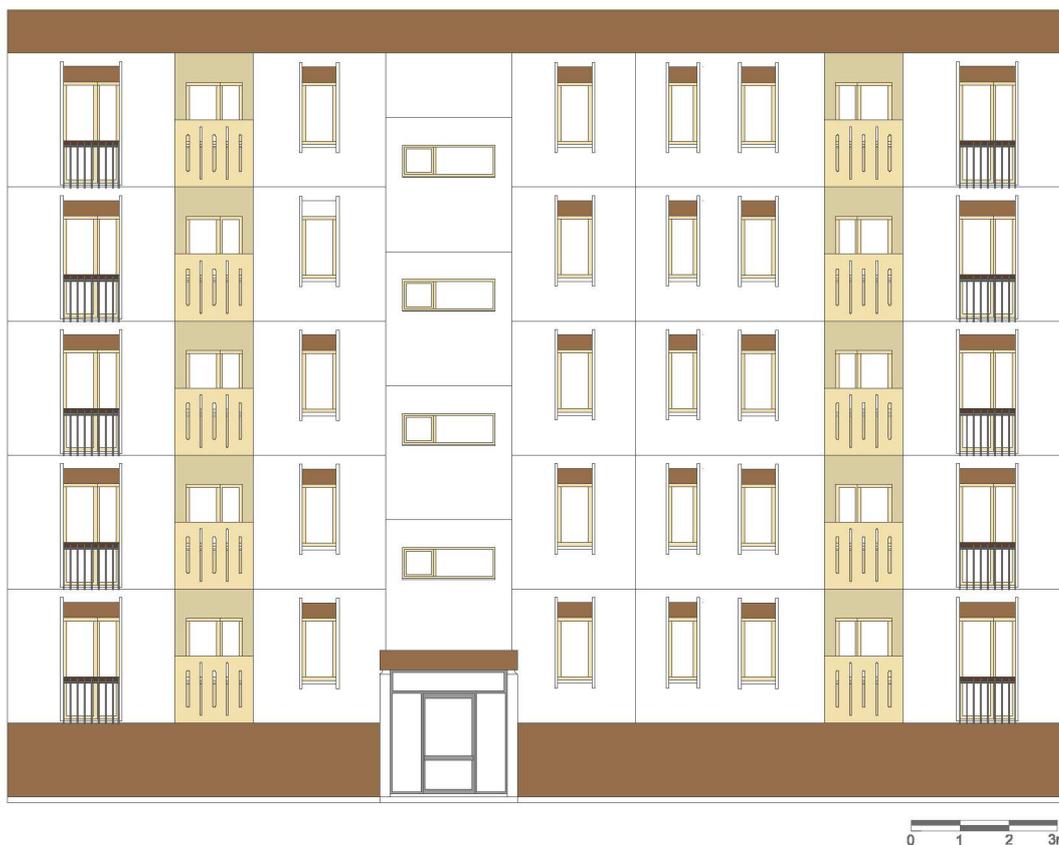


Fig.127 Outra opção para o alçado da entrada.

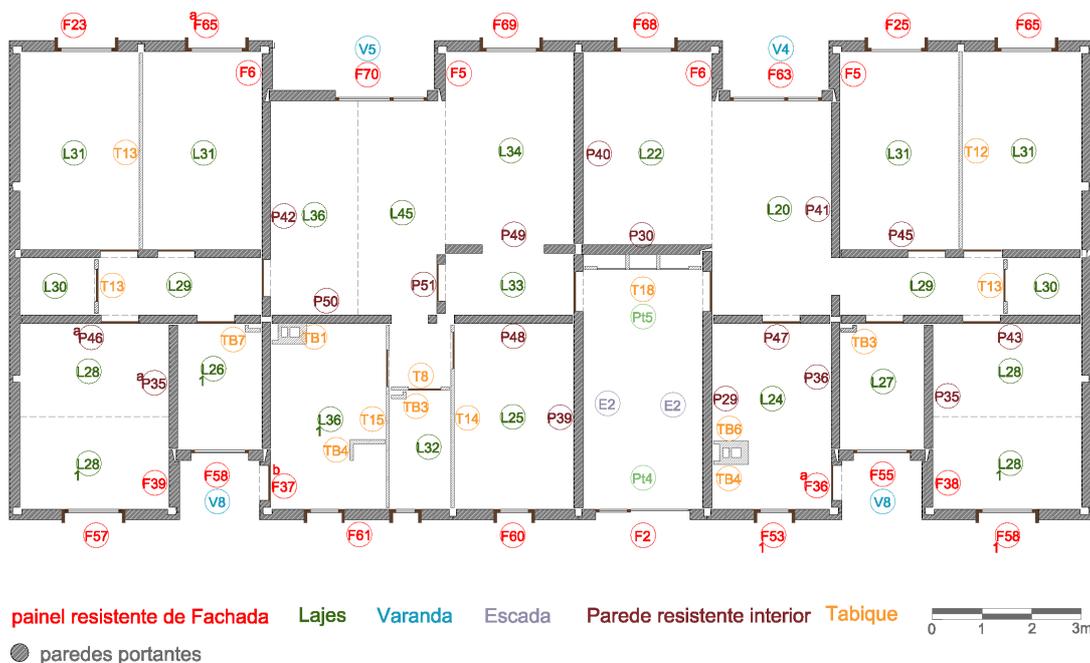


Fig.128 Montagem



### **Condicionantes e desvantagens da pré-fabricação total pesada, com base num sistema fechado planar**

- Quanto à dimensão dos painéis as grandes dimensões por um lado, reduzem o número de juntas mas, por outro, a partir de uma certa dimensão podem condicionar o transporte. Visto isto, a transportação foi uma das condicionantes para a dimensão dos painéis e lajes, uma vez que as dimensões máximas permitidas pelo Código da Estrada, em condições especiais, eram, largura e altura máximas de 3m e 2,8m, respectivamente, como foi mencionado.

- A localização e dimensionamento dos painéis estruturais podem condicionar a adaptabilidade e flexibilidade do espaço.

- O processo de montagem neste processo construtivo é facilitado se o terreno for plano, o que não é o caso, portanto recorreu-se aos muros de suporte já referenciados e implantação segundo as curvas de nível.

Para garantir a organização do processo de montagem dos elementos pré-fabricados foi atribuída uma letra e um número, como já foi mencionado.

- O desenho das fachadas é fundamental pois a sua aparência é condicionada pelo desenho das juntas dos painéis.

Uma das desvantagens deste sistema é a rigidez inerente à pré-fabricação total pesada de elementos planos, uma vez que como as paredes interiores são também portantes não poderão ser amovíveis, limitando um pouco a flexibilidade do espaço.

Mas, a verdadeira desvantagem é a necessidade de grandes investimentos em equipamento, organização e formação profissional, inerentes à pré-fabricação total, dando origem a grandes encargos fixos financeiros. Neste sentido a sua elasticidade é limitada exigindo um mercado de grande dimensão e contínuo no sentido de diluir os encargos.



*Considerações finais*

“A arquitectura é uma ciência que deve ser acompanhada dum grande diversidade de estudos e conhecimentos por meio dos quais se aferem todas as outras artes.”<sup>134</sup>

A pré-fabricação é, portanto, uma aplicação construtiva que deve merecer toda a atenção por parte do arquitecto.

De acordo com o objectivo geral do trabalho conclui-se que a pré-fabricação incorpora a racionalização, *standardização* e *seriação* mas, não são características exclusivas deste sistema construtivo.

A pré-fabricação vem sendo aperfeiçoada desde o período do pós-guerra, caracterizado pela pré-fabricação fechada até meados dos anos 70, data a partir da qual a qualidade se foi sobrepondo à quantidade, e se assiste a pouco e pouco ao encerramento das grandes fábricas. Desde aí o desenvolvimento da pré-fabricação tem sido realizado no sentido do ciclo aberto da produção.

Dentro do contexto português, desde o início do século XX que se debate o tema da industrialização da construção e a necessidade de preparação dos técnicos e utilizadores para o recebimento deste novo modo de projectar e construir. No entanto, a escassez de habitação já não é o motor para o uso da pré-fabricação, e pode concluir-se que, já não faz sentido falar de habitação pré-fabricada com a mesma veemência que se falou nos anos 60 e 70, contexto do caso de estudo - urbanização de Santo António dos Cavaleiros - pois a oferta de habitação suplanta a procura.

Uma outra questão que atrasou e atrasa a introdução da pré-fabricação em Portugal é a pulverização e quantidade de pequenas empresas de construção, que se encontram empíricas e desorganizadas.

Em Portugal, a industrialização da construção caracteriza-se essencialmente pelo uso das duas grandes vias da industrialização, o tradicional evoluído e a da pré-fabricação parcial dentro de um sistema aberto.

---

<sup>134</sup> VITRUVIO, Marco - **Los diez libros de arquitectura. 1992.**



De acordo com a problemática levantada - habitação pré-fabricada VS pensamento arquitectónico? - que teve a sua origem na Revolução Industrial onde se aprofundou o afastamento do arquitecto da engenharia, foram feitas algumas questões no início do trabalho.

Numa das questões tentou perceber-se até que ponto o processo de pré-fabricação poderia transformar o arquitecto num especialista em organização. O caso de estudo afigura uma resposta uma vez que, o grau de pré-fabricação usada – total, pesada – por ser o auge dos tipos deste sistema, exige uma maior necessidade integração, e portanto o papel do arquitecto é preponderante na organização e coordenação entre todos os sectores. Em suma, de facto o uso deste tipo de pré-fabricação exige uma grande atenção por parte do arquitecto à racionalização de processos e construção, no entanto a sua habilidade reside precisamente em conciliar todas as vertentes do projecto, o que exige maior organização. Esta necessidade é intrínseca aos restantes graus, tipos e vertentes da pré-fabricação mas, não de uma forma tão exaustiva. No entanto é aqui que entra a indispensabilidade da coordenação dimensional no sentido de fazer a interligação entre a concepção projectual e a produção industrial.

Outra questão estava relacionada com o desenho da urbanização e implantação. Os terrenos planos são preferíveis à inserção da pré-fabricação total e pesada. No entanto a análise do caso de estudo pode demonstrar que o desenho da urbanização de SAC foi desenvolvido em encosta e portanto os entraves derivaram do caminho das guias, dificuldade resolvida através do uso de muros de suporte e do facto das guias puderem percorrer trajectórias diferentes mas, fundamentalmente segundo as curvas de nível. O que significa que cabe ao arquitecto ter criatividade para contornar as condicionantes.

Finalmente o arquitecto assume uma posição de síntese equilibrada das exigências económicas, funcionais e culturais, que são consequência das necessidades do utilizador. Desempenha, por isso um papel importante na planificação a longo prazo da produção de elementos fabricados industrialmente e condiciona em grande parte as técnicas de produção.

Para isso é necessário que o arquitecto, além de conhecer bem as novas técnicas industriais de construção, se apoie nos diferentes especialistas.



Relativamente à problemática pode, portanto, concluir-se, que a pré-fabricação apesar das condicionantes, próprias de qualquer outro processo construtivo, não constitui um impedimento ao processo criativo do arquitecto, podendo ser benéfica nas questões da qualidade, conforto, produtividade e sustentabilidade, se usada correctamente. O que na situação nacional se dirige no sentido do sistema pré-fabricado aberto, pois o mercado exige mais flexibilidade, impondo-se a pré-fabricação parcial, particularmente a plana, através de elementos de fachadas inseridos em estruturas de pilar e viga, de betão armado ou metálicas, de lajes e pré-lajes de betão armado e mesmo da pré-fabricação linear.

Uma vez que este trabalho como o sub-título indica – considerações, origens e desenvolvimento – consiste numa abordagem geral do tema da habitação, colectiva, modular pré-fabricada, poderia ser interessante em futuras investigações particularizar o estudo de um tipo de elemento pré-fabricado e suas aplicações. Outro tema interessante poderia ser a coordenação dimensional, pouco desenvolvida neste trabalho, uma vez que é a base da pré-fabricação, sobretudo no ciclo aberto da produção.



## *Bibliografia*

## Monografias

- o AYMONINO, Carlo – **L'abitazione razionale: atti dei congressi C.I.A.M., 1929-1930**. 8.<sup>a</sup> ed. Veneza : Marsilio Editori, 1982. 215 p.
- o BANHAM, Reyner – **Teoría y diseño en la primera era de la máquina**. Barcelona : Paidós, 1985. 332 p. ISBN 8475093477.
- o BENEVOLO, Leonardo – **Historia de la Arquitectura moderna**. 6.<sup>a</sup> ed. Barcelona : Editorial Gustavo Gili, 1990. 1142 p. ISBN: 8425207975.
- o BLACHÉRE, G. – **Tecnologías de la construcción industrializada**. Barcelona : Gustavo Gili, 1977. 168 p. ISBN 8425206650.
- o BRANCO, José Paz – **Algumas notas sobre prefabricação**. Lisboa : LNEC, 1977. 87 p.
- o BYRNE, Gonçalo – **Racionalização do processo de projecto I: coordenação dimensional modular: princípios e aplicação**. Lisboa : LNEC, 1970. 88 p.
- o CECCARINI, Ivo – **A composição da casa: projecto modular**. Lisboa : Presença, 1988. 193 p.
- o COLOMINA, Beatriz - **Privacy and publicity: modern architecture as mass media**. Cambridge (Mass.) : MIT Press, 1998. 389 p. ISBN 0262531399.
- o CORBUSIER, Le – **Vers une architecture**. Paris : Flammarion, 1995. ISBN 208081611X. 245 p.
- o CORREIA, José Eduardo Horta – **Vila Real de Santo António: urbanismo e poder na política pombalina**. Porto : Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto, 1997. 607 p. ISBN 9729483299.

- o COSTA, J. Almeida – **Dicionário de Língua Portuguesa**. 7.<sup>a</sup> ed. Porto: Porto Editora, 1994. 1966 p. ISBN 9720050012.
- o FARINHA, J. S. BRAZÃO – **Construção da baixa pombalina**. Lisboa : Metropolitano, 1997. 92p.
- o FIGUEIRAS, Rui – **Vila Pombalina: Vila Real de Santo António**. Vila Real de Santo António : Câmara Municipal, 1999. 129 p.
- o FRANÇA, José-Augusto – **A reconstrução de Lisboa e a arquitectura pombalina**. 2.<sup>a</sup> ed. Lisboa : Instituto de Cultura e Língua Portuguesa, 1981. 103 p.
- o FULLER, R. Buckminster - **Your private sky: R. Buckminster Fuller, the art of design science**. Baden : Lars Müller, 1999. 524 p. ISBN 3907044886.
- o GARRET, Antão de Almeida – **A habitação prefabricada**. Porto : [s. n.], 1958.
- o MASCARENHAS, Jorge – **Sistemas de Construção – O Edifício de Rendimento da Baixa Pombalina de Lisboa, processo evolutivo dos edifícios, inovações técnicas, sistema construtivo: materiais básicos**. Lisboa : Livros Horizonte, 2004. 300p. ISBN 9722413384.
- o MOURA, Horácio – **A prefabricação no domínio da construção de habitações**. [S. l. : s. n.], 1948.
- o NELSON, Paul – **Industrialização da construção: a função do arquitecto**. *Arquitectura: revista de arte e construção*. Lisboa. 37 (1951) 8-15.

- o NEUFERT, Ernest – **Architects' Data**. 3.<sup>a</sup> ed. London : JOHN WILEY PROFESSION, 2002 648 p. ISBN 0632057718.
- o NISSEN, Henrik – **Construcción Industrializada y Diseño Modular**. Madrid : H. Blume Ediciones, 1972. 480 p.
- o ONU. Department of Economic and Social Affairs - **Modular co-ordination of low-cost housing**. New York : United Nations, 1970. 220 p.
- o PAZ, Branco – **Prefabricação ligeira**. Lisboa : LNEC, 1980. 116 p.
- o PORTAS, Nuno – **Funções e exigências de áreas de habitação**. Lisboa : MOP : Laboratório de Engenharia Civil, 1969. 86 p.
- o RICOU, Gastão; LOBO, Vasco – **A industrialização da construção e os programas de habitação social**. Lisboa : Casa Portuguesa. 1970, 15p.
- o TRIGO, J. T. – **Tecnologias da Construção de Habitação**. Lisboa : LNEC, 1978. 21 p.
- o TUTT, Patrícia; David – **New Metric Handbook**. London : Butterworth Architecture, 1990. 504 p. ISBN 085139468X.
- o VITRUVIO, Marco - **Los diez libros de arquitectura**. Madrid. Ediciones Akal, 1992. 277 p. ISBN 8446001500

#### **Teses e dissertações:**

- o FILIPE, Ana Lúcia Ferreira – ALFF um sistema modular pré-fabricado do tipo "caixa" para edifícios de habitação. Lisboa : Instituto Superior Técnico, 2004. 136 p. Dissertação de Mestrado.

- o MIRANDA, Jorge – Prefabricação e metodologia projectual em arquitectura. Lisboa : Universidade Técnica de Lisboa, 1996. 71 p. Dissertação de Mestrado.
- o PINTO, Alberto Reaes – Hygrotermic rehabilitation in the exterior panels of prefabricated building by external insulation composite systems (ETICS) with rendering: Two “case studies” located in Lisbon metropolian area: SAC and QM. Salford, UK: Universidade de Salford, UK, 2001. Tese de doutoramento.
- o MONTEIRO, Pedro – Unidade Mínima – casa, equipamento, sistemas. Porto : Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto, 1998. 389 p. Dissertação de Mestrado.

#### **Actas de congresso:**

- o CONGRESSO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICAÇÃO DA INDÚSTRIA EM BETÃO, 1, Porto, 2000 – Comunicações. Porto : anipc, 2000.
- o COLÓQUIO NACIONAL DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO PINTO, 2, - A pré-fabricação na industrialização da construção. [S. L.], 1973.

#### **Revistas:**

- o “Jornal arquitectos”. Lisboa. 2008, vol. 230. ISSN 08701504.

#### **Artigos de revistas:**

- o Congresso Internacional de Pré-fabricação: Problemas da pré-fabricação pesada e da pré-fabricação ligeira. Binário. Lisboa. 55 (1963) 223-226.

- o Coordenação modular: um inquérito internacional. Binário. Lisboa. 152 (1971) 266-271.
- o CORREIA, José Eduardo Horta – Vila Real de Santo António levantada em cinco meses pelo Marquês de Pombal. Jornal Arquitectos. Lisboa. ISSN 0870-1504. 6:56-57 (1987) 4-5.
- o Encontro breve sobre pré-fabricação com técnicos do LNEC. Binário. Lisboa. 212-213 (1976) 328-335.
- o FERREIRA, Carlos Antero – A pré-fabricação e os caminhos da industrialização. Binário. Lisboa. 55 (1963) 237-238.
- o GOMES, Rui José – Pré-fabricação na construção de edifícios. Binário. Lisboa. 1 (1958) 15-19.
- o GRECO, Saul – Industrialização da construção e pré fabricação: problemas do ensino na Faculdade de Arquitectura. Binário. Lisboa. 66 (1964) 142-145.
- o Habitat 67. Arquitectura. [S. L.] 95 (1967) 2.
- o Habitat 67. Binário. Lisboa. 115 (1968) 197-199.
- o MCQUADE, Walter – Os sistemas de pré-fabricação e a crise da habitação. Binário. Lisboa. 182 (1973) 476-480.
- o PINTO, Alberto Reaes – A primeira experiência de pré-fabricação pesada em Portugal. Arquitectura. [S. L.]. 104 (1969) 153-167.
- o PINTO, Alberto Reaes – A pré-fabricação na industrialização da construção. Binário. Lisboa. 182 (1973) 469-473.
- o Problemas da coordenação modular. Binário. Lisboa. 157 (1971) 525-528.

- o ROSSO Teodoro – Aplicação da coordenação modular. Binário. Lisboa 140 (1970) 231-234.
- o STUCCHI, E. – Exposição e Congresso Internacional de Pré-fabricação. Binário. Lisboa. 55 (1963) 220-223.

#### **Documentos electrónicos:**

- o About ISO. [Em linha]. Geneva. [Consult. 21 Nov. 2009]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.iso.org/iso/about.htm>>.
- o APPLETON, Júlio – Construções em betão – nota histórica sobre a sua evolução. [Em linha]. Lisboa : Instituto superior técnico. [Consult. 21 Nov. 2009]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.civil.ist.utl.pt/cristina/GDBAPE/ConstrucoesEmBetao.pdf>>.
- o CONGRESSO PORTUGÊS DE SOCIOLOGIA, 5, - (Breve) aproximação ao processo de metropolização de Lisboa a partir da história de um edifício de habitação situado na sua periferia (Reboleira, 1972-2002). [em linha]. Braga, 2001. [Consult. 21 Nov. 2009]. Disponível em WWW:<URL:[http://www.aps.pt/cms/docs\\_prv/docs/DPR460f96aed94ab\\_1.pdf](http://www.aps.pt/cms/docs_prv/docs/DPR460f96aed94ab_1.pdf)>.
- o TOSTÕES, Ana – Construção moderna: as grandes mudanças do século XX [em linha]. [Consult. 21 Nov. 2009]. Disponível em WWW: URL:[http://in3.dem.ist.utl.pt/msc\\_04history/aula\\_5\\_b.pdf](http://in3.dem.ist.utl.pt/msc_04history/aula_5_b.pdf)>.
- o GREVEN, Hélio Adão; FOLLMANN, Alexandra Staudt Baldauf – Introdução à coordenação modular da construção no Brasil: uma abordagem atualizada. [Em linha]. Porto Alegre : ANTAC, 2007. [Consult. 21 Nov. 2009]. Disponível em WWW:<URL:<http://habitare.infohab.org.br/pdf/publicacoes/arquivos/colecao10/CAP2.pdf>>. ISBN 9788589478236.

- o IPPAR – Baixa pombalina. [Em linha]. Lisboa. Disponível em WWW: <[http://www.ippar.pt/pls/dippar/pat\\_pesq\\_detalhe?code\\_pass=71831](http://www.ippar.pt/pls/dippar/pat_pesq_detalhe?code_pass=71831)>.
- o Revolução Industrial. [Em linha]. Porto : Porto Editora, 2003-2009. [Consult. 21 Nov. 2009]. Disponível em WWW: <URL: [http://www.infopedia.pt/\\$revolucao-industrial](http://www.infopedia.pt/$revolucao-industrial)>.
- o SERRENTINO, Roberto; MOLINA, Héran – Arquitectura modular basada en la teoría de policubos. SIGraDi [Em linha]. (2002) 264-267. [Consult. 21 Nov. 2009]. Disponível em WWW: <URL <http://cumincares.scix.net/data/works/att/8a44.content.pdf>>. ISSN 1478-0771.



## *Fontes das ilustrações*

Fig.01 Planta de Lisboa de 1650. ANDREWS, J. - *A plan of the city of Lisbon*. Disponível em WWW:<URL:<http://purl.pt/1582>>.

Fig.02 Planta do centro da cidade de Lisboa antes do terramoto de 1755 e com os projectos dos novos arruamentos. Disponível em WWW:<URL:[http://www.igeo.pt/servicos/CDI/museu/Exposicoes/Portugallia\\_Cartographica/Map16.htm](http://www.igeo.pt/servicos/CDI/museu/Exposicoes/Portugallia_Cartographica/Map16.htm)>.

Fig.03 Planta n.º 5 (Eugénio dos Santos – cópia do séc. XX. FRANÇA, José-Augusto – **A reconstrução de Lisboa e a arquitectura pombalina**, p.117.

Fig.04 Medidas dos quarteirões. MASCARENHAS, Jorge – **Sistemas de Construção – O Edifício de Rendimento da Baixa Pombalina de Lisboa, processo evolutivo dos edifícios, inovações técnicas, sistema construtivo: materiais básicos**, p.176.

Fig.05 Uma das fachadas-tipo dimensões múltiplas do palmo. MASCARENHAS, Jorge – **Sistemas de Construção – O Edifício de Rendimento da Baixa Pombalina de Lisboa, processo evolutivo dos edifícios, inovações técnicas, sistema construtivo: materiais básicos**, p.175.

Fig.06 Planta completa do quarteirão ao nível do 1º andar. MASCARENHAS, Jorge – **Sistemas de Construção – O Edifício de Rendimento da Baixa Pombalina de Lisboa, processo evolutivo dos edifícios, inovações técnicas, sistema construtivo: materiais básicos**, p.64.

Fig.07 Componentes referidos no Cartório IV da Baixa, entre 1757 e 1790. MASCARENHAS, Jorge – **Sistemas de Construção – O Edifício de Rendimento da Baixa Pombalina de Lisboa, processo evolutivo dos edifícios, inovações técnicas, sistema construtivo: materiais básicos**, p.182.

Fig.08 MASCARENHAS, Jorge – **Sistemas de Construção – O Edifício de Rendimento da Baixa Pombalina de Lisboa, processo evolutivo dos edifícios, inovações técnicas, sistema construtivo: materiais básicos**, p.183.

Fig.09 FARINHA, J. S. BRAZÃO – **Construção da baixa pombalina**, p.68.

- Fig.10 MASCARENHAS, Jorge – **Sistemas de Construção – O Edifício de Rendimento da Baixa Pombalina de Lisboa, processo evolutivo dos edifícios, inovações técnicas, sistema construtivo: materiais básicos**, p.84.
- Fig.11 BENEVOLO, Leonardo – **Historia de la Arquitectura moderna**, p.242.
- Fig.12 Módulos do primeiro andar e dos pisos superiores. MASCARENHAS, Jorge – **Sistemas de Construção – O Edifício de Rendimento da Baixa Pombalina de Lisboa, processo evolutivo dos edifícios, inovações técnicas, sistema construtivo: materiais básicos**, p.83.
- Fig.13 Cópia da 1ª Planta da nova vila, enviada para o Algarve em 1771-1774. Legendada por Reinaldo Manuel. CORREIA, José Eduardo Horta – **Vila Real de Santo António: urbanismo e poder na política pombalina**, p.481.
- Fig.14 Alçado de um quarteirão-tipo da Baixa-Mar. Assinado por Mrqu~es de Pombal. CORREIA, José Eduardo Horta – **Vila Real de Santo António: urbanismo e poder na política pombalina**, p.494.
- Fig.15 Alçado de um quarteirão de casas térreas de habitação. CORREIA, José Eduardo Horta – **Vila Real de Santo António levantada em cinco meses pelo Marquês de Pombal**.
- Fig.16 Interpretações do processo conceptual do. Primeiro, homotetia planimétrica entre a unidade urbanística, quarteirão (100x40 palmos) e o conjunto urbano significativo (800x1920 palmos). Segundo, ênfase dos eixos urbanísticos e da Praça. CORREIA, José Eduardo Horta – **Vila Real de Santo António levantada em cinco meses pelo Marquês de Pombal**, p.483.
- Fig.17 Esquemas dos tipos de casas térreas. CORREIA, José Eduardo Horta – **Vila Real de Santo António: urbanismo e poder na política pombalina**, p.524.
- Fig.18 Sistema plano-linear. MCQUADE, Walter – Os sistemas de pré-fabricação e a crise da habitação. Binário, p.478.
- Fig.19 Sistema plano-linear utilizado num edifício em Aveiro. Documentos do Arq. Reaes Pinto.

Fig.20 Sistema plano. MCQUADE, Walter – Os sistemas de pré-fabricação e a crise da habitação. Binário, p.478.

Fig.21 Sistema do tipo caixa. MCQUADE, Walter – Os sistemas de pré-fabricação e a crise da habitação. Binário, p.478.

Fig.22 The Royal Pavilion east front. Disponível em WWW:<URL:[http://www.royalpavilion.org.uk/palace/the\\_palace.asp](http://www.royalpavilion.org.uk/palace/the_palace.asp)>.

Fig.23 The facade of the original Crystal Palace. Disponível em WWW:<URL:<http://www.london-architecture.info/LO-009.htm>>.

Fig.24 Transepto do Palácio de Cristal: Fotografia de Benjamin Brecknell Turner [1852]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.vam.ac.uk/images/image/33433-popup.html>>.

Fig.25 The Crystal Palace under construction [1851]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.lifeloom.com/263/HistArch2.htm>>.

Fig.26 Cristal Palace, Sydenham [1854]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.london-architecture.info/LO-009.htm>>.

Fig.27 LE CORBUSIER - **Vers une architecture**, p.201

Fig.28 Dymaxion house. FULLER, R. Buckminster - **Your private sky: R. Buckminster Fuller, the art of design science.**

Fig.29 Wichita house. FULLER, R. Buckminster - **Your private sky: R. Buckminster Fuller, the art of design science.**

Fig.30 Vue de la maquette. Disponível em WWW:<URL:[http://archiwebture.citechailot.fr/awt/toc.xsp?fmt=archiwebture&base=fa&idtoc=FRAPN02\\_LODS-pleadetoc&id=FRAPN02\\_LODS\\_fonds-854](http://archiwebture.citechailot.fr/awt/toc.xsp?fmt=archiwebture&base=fa&idtoc=FRAPN02_LODS-pleadetoc&id=FRAPN02_LODS_fonds-854)>.

Fig.31 Vue extérieure d'un bâtiment en fin de chantier. Disponível em WWW:<URL:[http://archiwebture.citechailot.fr/awt/toc.xsp?fmt=archiwebture&base=fa&idtoc=FRAPN02\\_LODS-pleadetoc&id=FRAPN02\\_LODS\\_fonds-854](http://archiwebture.citechailot.fr/awt/toc.xsp?fmt=archiwebture&base=fa&idtoc=FRAPN02_LODS-pleadetoc&id=FRAPN02_LODS_fonds-854)>.

Fig.32 Vue de l'ossature métallique d'un bâtiment en chantier. Disponível em WWW:<URL:[http://archiwebture.citechailot.fr/awt/toc.xsp?fmt=archiwebture&base=fa&idtoc=FRAPN02\\_LODSpleadetoc&id=FRAPN02\\_LODS\\_fonds-854](http://archiwebture.citechailot.fr/awt/toc.xsp?fmt=archiwebture&base=fa&idtoc=FRAPN02_LODSpleadetoc&id=FRAPN02_LODS_fonds-854)>.

Fig.33 Metro em ferro sem divisões com 100 x 3,2 x 0,35 cm [1797-99] Disponível em WWW:<URL:[http://www.astro.mat.uc.pt/novo/observatorio/site/museu/T0142\\_met.htm](http://www.astro.mat.uc.pt/novo/observatorio/site/museu/T0142_met.htm)>.

Fig.34 Kitchen. NEUFERT, Ernest – **Architects’Data**, p.251.

Fig.35 The aluminium AIROH bungalow of the Temporary Housing Programme.[1965] Disponível em WWW:<URL:[http://books.google.pt/books?id=wc5KTRgm3kYC&pg=PA271&lpg=PA271&dq=&source=bl&ots=GqU6G5EwsZ&sig=YBR\\_LIZixwYRfClfOjhqoJzlyqM#v=onepage&q=&f=false](http://books.google.pt/books?id=wc5KTRgm3kYC&pg=PA271&lpg=PA271&dq=&source=bl&ots=GqU6G5EwsZ&sig=YBR_LIZixwYRfClfOjhqoJzlyqM#v=onepage&q=&f=false)>

Fig.36 Production line fot section of aluminium bungalow. Disponível em WWW:<URL:[http://books.google.pt/books?id=wc5KTRgm3kYC&pg=PA271&lpg=PA271&dq=&source=bl&ots=GqU6G5EwsZ&sig=YBR\\_LIZixwYRfClfOjhqoJzlyqM#v=onepage&q=&f=false](http://books.google.pt/books?id=wc5KTRgm3kYC&pg=PA271&lpg=PA271&dq=&source=bl&ots=GqU6G5EwsZ&sig=YBR_LIZixwYRfClfOjhqoJzlyqM#v=onepage&q=&f=false)>

Fig.37 One of the four sections of the aluminum temporary home, AIROH. Disponível em WWW:<URL:[http://books.google.pt/books?id=wc5KTRgm3kYC&pg=PA271&lpg=PA271&dq=&source=bl&ots=GqU6G5EwsZ&sig=YBR\\_LIZixwYRfClfOjhqoJzlyqM#v=onepage&q=&f=false](http://books.google.pt/books?id=wc5KTRgm3kYC&pg=PA271&lpg=PA271&dq=&source=bl&ots=GqU6G5EwsZ&sig=YBR_LIZixwYRfClfOjhqoJzlyqM#v=onepage&q=&f=false)>

Fig.38 Exterior of the Arcon V prefab at Avonbury Museum of Building. Disponível em WWW:<URL:[styvechale.net/local\\_history/images/phoenix.htm](http://styvechale.net/local_history/images/phoenix.htm)>.

Fig.39 Laje alveolada Disponível em WWW:<URL:[http://www.pretlanti.pt/index.php?option=com\\_content&task=view&id=17&Itemid=39](http://www.pretlanti.pt/index.php?option=com_content&task=view&id=17&Itemid=39)>.

Fig.40 Incorrect exterior panels assembly. PINTO, Alberto Reaes – Hygrotermic rehabilitation in the exterior panels of prefabricated building by external insulation composite systems (ETICS) with rendering: Two “case studies” located in Lisbon metropolian area: SAC and QM.

Fig.41 Assembly of panels on site. PINTO, Alberto Reaes – Hygrotermic rehabilitation in the exterior panels of prefabricated building by external insulation composite systems (ETICS) with rendering: Two “case studies” located in Lisbon metropolian area: SAC and QM.

Fig.42 Estaleiro, Habitat 67. Disponível em WWW:<URL:[www.dailyicon.net/2008/08/icon-habitat-67/](http://www.dailyicon.net/2008/08/icon-habitat-67/)>.

Fig.43 El tipo de edificación. *Existensminimum* discutido en los CIAM em 1929. BENEVOLO, Leonardo – **Historia de la Arquitectura moderna**, p.561

Fig.44 Elevador Santa Justa. Disponível em WWW:<URL:[http://olissipo.weblog.com.pt/arquivo/2006\\_06.html](http://olissipo.weblog.com.pt/arquivo/2006_06.html)>

Fig.45 Fábrica de cimento artificial 'Portland', Alhandra. Disponível em WWW:  
<URL:<http://www.museusousamartins.org/frm/mi4op2doc.html>>.

Fig.46 Sistema FLORIO. Documentos do Arquitecto Reaes Pinto.

Fig.47 TRIGO, J. T. – **Tecnologias da Construção de Habitação.**

Fig.48 Doce policubos de orden 7. Disponível em WWW:<URL:<http://solumate.blogspot.com/2009/04/otro-problema-de-policubos.html>>.

Fig.49 Composições modulares rítmicas sobre retículo com módulos de dimensões iguais e diferentes (múltiplos e submúltiplos) CECCARINI, Ivo – **A composição da casa: projecto modular**, p.109.

Fig.50 F.L.Wright, Museu Guggenheim, Nova Iorque, 1943-58. CECCARINI, Ivo – **A composição da casa: projecto modular**, p.113.

Fig.51 Some of the various floor plans available. Disponível em WWW:<URL:<http://urbalis.files.wordpress.com/2007/11/habitat67in1967-08.jpg>>.

Fig.52 Image from WorldsFairPhotos.com, the Bill Cotter collection. Disponível em WWW:<URL:[http://expo67.ncf.ca/expo\\_habitat\\_p1.html](http://expo67.ncf.ca/expo_habitat_p1.html)>

Fig.53 Habitat '67 · Montreal, Canada. Section drawing. Disponível em WWW:URL:[http://www.greatbuildings.com/buildings/Habitat\\_67.html](http://www.greatbuildings.com/buildings/Habitat_67.html)>.

Fig.54 Habitat 67 in 1967. Disponível em WWW:<URL:<http://www.space1999.net/~sorellarium13/habitat-67.htm>>.

Fig.55 Plan. Disponível em WWW: <URL:[www.lewism.org/2007/05/21/nakagin-capsule-tower/](http://www.lewism.org/2007/05/21/nakagin-capsule-tower/)>.

Fig.56 Nakagin Capsule Tower Elevation, Tokyo. Disponível em WWW:URL:<http://elee1390.blogspot.com/2008/08/image-nakagin-capsule-tower-elevation.html>>.

Fig.57 Nakagin Capsule Tower, shortly after its construction in 1972. Disponível em WWW:URL:<http://desoumal.tumblr.com/post/135322546/inky-nakagin-capsule-tower-shortly-after-its>>.

Fig.58 Fabrik ansicht. Disponível em WWW:URL:[http://www.axxio.net/waxman/content/General\\_Panel/General-Panel.htm](http://www.axxio.net/waxman/content/General_Panel/General-Panel.htm)>.

Fig.59 Fabrikation. Disponível em WWW:URL:[http://www.axxio.net/waxman/content/General\\_Panel/General-Panel.htm](http://www.axxio.net/waxman/content/General_Panel/General-Panel.htm)>.

Fig.60 Fabrikarbeiter. Disponível em WWW:URL:[http://www.axxio.net/waxman/content/General\\_Panel/General-Panel.htm](http://www.axxio.net/waxman/content/General_Panel/General-Panel.htm)>.

Fig.61 Wax&panels. Disponível em WWW:URL:[http://www.axxio.net/waxman/content/General\\_Panel/General-Panel.htm](http://www.axxio.net/waxman/content/General_Panel/General-Panel.htm)>.

Fig.62 Dimensões principais de portas interiores de uma folha de madeira (extraído do projecto de recomendação n.º1877 (I.S.O.- 1969). BYRNE, Gonçalo – **Racionalização do processo de projecto I: coordenação dimensional modular: princípios e aplicação**, p.63.

Fig.63 Three-dimensional grids of basic modules. TUTT, Patrícia, ADLER, David - **New Metric Handbook**, p.19.

Fig.64 Fitting a component into a dimensionally co-ordinated grid. TUTT, Patrícia, ADLER, David - **New Metric Handbook**, p.19.

Fig.65 Axial control. TUTT, Patrícia, ADLER, David - **New Metric Handbook**, p.20.

Fig.66 Facial control. TUTT, Patrícia, ADLER, David - **New Metric Handbook**, p.20.

Fig.67 Formatos de tijolos para alvenarias. BYRNE, Gonçalo – **Racionalização do processo de projecto I: coordenação dimensional modular: princípios e aplicação**, p.60.

Fig.68 Vãos preferenciais recomendados. BYRNE, Gonçalo – **Racionalização do processo de projecto I: coordenação dimensional modular: princípios e aplicação**, p.63.

Fig.69 Vista geral aquando da construção da primeira fase da urbanização de SAC. Documentos pessoais do Arquitecto Reaes Pinto.

Fig.70 Vista exterior da empresa ICESA , Povia e Santa Iria, Vila Franca de Xira. Documentos pessoais do Arquitecto Reaes Pinto.

Fig.71 Transporte da empresa ICESA. Documentos do Arquitecto Reaes Pinto.

Fig.72 Concretizações até 1968. Documentos do Arquitecto Reaes Pinto.

Fig.73 Santo António dos Cavaleiros, edifícios em banda, [1968]. Documentos pessoais do Arquitecto Reaes Pinto.

Fig.74 Núcleo comercial, Avenida Marquês de Marialva, [1968]. Documentos pessoais do Arquitecto Reaes Pinto.

Fig.75 Concretizações da 1.ª fase. Esquema da autora da Dissertação.

Fig.76 Centro comercial de apoio à primeira fase. Implantação não-paralela em que a grua percorre dois trajectos separados junto às bandas de edifícios.

PINTO, Alberto Reaes – A primeira experiência de pré-fabricação pesada em Portugal. Arquitectura, p.157.

Fig.77 Edifícios em banda da 1ª fase, implantação mais rígida em que as bandas laterais são paralelas. Fotografia, *in loco*, da autora da Dissertação.

Fig.78 Implantação mais rígida em que as bandas de edifícios são paralelas e afastadas de modo a tornarem possível a montagem com a mesma grua numa só trajectória. PINTO, Alberto Reaes – A primeira experiência de pré-fabricação pesada em Portugal. Arquitectura, p.156.

Fig.79 Edifícios em banda, implantação mais livre. Praceta José Bento de Araújo (interior do quarteirão). Fotografia, *in loco*, da autora da Dissertação.

Fig.80 Implantação mais livre percorrendo as gruas trajectórias diversas sem necessidade de desmontagem. PINTO, Alberto Reaes – A primeira experiência de pré-fabricação pesada em Portugal. Arquitectura, p.158.

Fig.81 Edifícios em altura. Fotografia, *in loco*, da autora da Dissertação.

Fig.82 Implantação de edifícios em altura em que as gruas trabalham pontualmente. PINTO, Alberto Reaes – A primeira experiência de pré-fabricação pesada em Portugal. Arquitectura, p.159.

Fig.83 Esquema da implantação do projecto e da implantação actual. Esquema da autora da Dissertação.

Fig.84 Muros de suporte de pedra. Documentos pessoais do Arquitecto Reaes Pinto.

Fig.85 Muros de suporte pré-fabricados, de betão. Documentos pessoais do Arquitecto Reaes Pinto.

Fig.86 Corte que mostra exemplo de muros de suporte. Desenho da autora da dissertação.

Fig.87 Vista aérea da Quinta do Morgado. Extraída do Google Earth.

Fig.88 Edifícios em altura (11 pisos). Fotografia, *in loco*, da autora da Dissertação.

Fig.89 Edifícios em banda (5 pisos). Fotografia, *in loco*, da autora da Dissertação.

Fig.90 Categoria It1. Documentos do Arquitecto Reaes Pinto.

Fig.91 Categoria I2. Vista da Avenida Conde d'Avranches. Fotografia, *in loco*, da autora da Dissertação.

Fig.92 Categoria I3. Documentos pessoais do Arquitecto Reaes Pinto.

- Fig.93 Exemplos de fogos de várias categorias. PINTO, Alberto Reaes – A primeira experiência de pré-fabricação pesada em Portugal. Arquitectura, p.160.
- Fig.94 Categoria I2C. Vista geral. Documentos do Arquitecto Reaes Pinto.
- Fig.95 Categoria I2C. Fachada original. Documentos do Arquitecto Reaes Pinto.
- Fig.96 Categoria I2C, tipos T2 e T3. Documentos do Arquitecto Reaes Pinto.
- Fig.97 Categoria I3, Avenida Marquês de Marialva. Fotografia, *in loco*, da autora da Dissertação.
- Fig.98 Plantas categoria I3, tipos T2/T3 e T3/T4. PINTO, Alberto Reaes – A primeira experiência de pré-fabricação pesada em Portugal. Arquitectura, p.160.
- Alçados da categoria I3 tipos T2/T3 e T3/T4. Desenhos da autora da dissertação.
- Fig.99 Planta categoria It1, tipo T1/T4. PINTO, Alberto Reaes – A primeira experiência de pré-fabricação pesada em Portugal. Arquitectura, p.160.
- Alçado e corte da categoria It1 tipo T1/T4. Desenhos da autora da dissertação.
- Fig.100 Primeiro aro do vão – painel resistente exterior. Documentos pessoais do Arquitecto Reaes Pinto.
- Fig.101 Parque de armazenamento de elementos pré-fabricados. Documentos pessoais do Arquitecto Reaes Pinto.
- Fig.102 Vista geral da fábrica. Documentos do Arquitecto Reaes Pinto.
- Fig.103 Pré-fabricação de parede resistente exterior com vão, reforçada, para uso nos três primeiros pisos dos edifícios em altura. Documentos do Arquitecto Reaes Pinto.
- Fig.104 Painel resistente de fachada. Desenho da autora da dissertação.
- Fig.105 Painel resistente interior. Documentos pessoais do Arquitecto Reaes Pinto.
- Fig.106 Painel portante. PINTO, Alberto Reaes – A primeira experiência de pré-fabricação pesada em Portugal. Arquitectura, p.161.
- Fig.107 Pré-fabricação de tabique. Documentos pessoais do Arquitecto Reaes Pinto.
- Fig.108 Aplicação de tubagens de PV para instalações eléctricas num tabique. Documentos pessoais do Arquitecto Reaes Pinto.
- Fig.109 Tabique. PINTO, Alberto Reaes – A primeira experiência de pré-fabricação pesada em Portugal. Arquitectura, p.162.

Fig.110 Pré-fabricação de uma laje. Documentos pessoais do Arquitecto Reaes Pinto.

Fig.111 Laje. PINTO, Alberto Reaes – A primeira experiência de pré-fabricação pesada em Portugal. Arquitectura, p.162.

Fig.112 Escadas pré-fabricadas. Documentos pessoais do Arquitecto Reaes Pinto.

Fig.113 Escadas. PINTO, Alberto Reaes – A primeira experiência de pré-fabricação pesada em Portugal. Arquitectura, p.164.

Fig.114 Lubrificação do fundo do molde de modo a facilitar desmoldagem. Documentos do Arquitecto Reaes Pinto.

Fig.115 Esquema de montagem de molde para painel de fachada com vão. PINTO, Alberto Reaes – A primeira experiência de pré-fabricação pesada em Portugal. Arquitectura, p.164.

Fig.116 Montagem de uma torre da categoria I2C. Documentos pessoais do Arquitecto Reaes Pinto.

Fig.117 Montagem de edifícios em banda. PINTO, Alberto Reaes – A primeira experiência de pré-fabricação pesada em Portugal. Arquitectura, p.153.

Fig.118 Corte transversal de edifício em banda. Desenho da autora da Dissertação.

Pormenores de juntas horizontais interiores e exteriores e nós de ligação entre painéis. PINTO, Alberto Reaes – A primeira experiência de pré-fabricação pesada em Portugal. Arquitectura, p.164.

Fig.119 Planta categoria I3. PINTO, Alberto Reaes – A primeira experiência de pré-fabricação pesada em Portugal. Arquitectura, p.160.

Pormenores de juntas verticais e nós de ligação. PINTO, Alberto Reaes – A primeira experiência de pré-fabricação pesada em Portugal. Arquitectura, p.165.

Fig.120 Cozinha. PINTO, Alberto Reaes – A primeira experiência de pré-fabricação pesada em Portugal. Arquitectura, p.167.

Fig.121 Sala comum. PINTO, Alberto Reaes – A primeira experiência de pré-fabricação pesada em Portugal. Arquitectura, p.167.

Fig.122 Planta e corte transversal da categoria I3, tipos T3 e T4. Desenhos da autora da Dissertação.

Fig.123 Categoria I3. Alçado da entrada, Rua Simão da Veiga. Fotografia, *in loco*, da autora da Dissertação

Fig.124 Categoria I3. Alçado para a Avenida Marquês de Marialva [1960]. Documentos do Arquitecto Reaes Pinto.

Fig.125 Alçados da categoria I3. Desenhos da autora da Dissertação.

Fig.126 Outra opção para o alçado da entrada. Avenida Conde d'Avranches. Fotografia, *in loco*, da autora da Dissertação

Fig.127 Outra opção para o alçado da entrada. Desenhos da autora da Dissertação.

Fig.128 Montagem de um piso da categoria I3, tipo T3/T4. Desenhos da autora da Dissertação.

*Anexos*

## Glossário

**Estandarização:** “redução a um só tipo; uniformização de modelos produzidos em série”<sup>135</sup>

**Normalização:** “regularização, regulamentação por entidade ou instituição oficialmente autorizada de (...) produtos industriais, com o fim de obter uniformidade de critérios e padrões que facilitem as relações nos domínios da técnica e da indústria”<sup>136</sup>

### (Grau de pré-fabricação)

**Pré-fabricação total:** prevalecendo a execução em fábrica, “este tipo de industrialização implica grandes investimentos em equipamento, organização e quadros de pessoal técnico e a sua elasticidade é limitada e exige um mercado de grande dimensão contínuo e produção de grandes séries (...). Há que garantir, neste sistema, a resolução de problemas de juntas dependentes em grande parte do rigor do fabrico e da montagem”<sup>137</sup>

**Pré-fabricação parcial:** “caracteriza-se pela utilização de elementos feitos em estaleiro e mesmo em fábrica, de volume gradualmente crescente e considerável e à medida que vai evoluindo a técnica e dimensão deste fabrico aproxima-se cada vez mais da pré-fabricação total. Este processo é mais elástico e adapta-se melhor ao mercado do que a pré-fabricação total, em face da vantagem de ter investimentos menos pesados exigindo, porém, como a pré-fabricação total, uma organização científica do trabalho e uma grande precisão nos elementos de fabrico e na montagem.”<sup>138</sup>

---

<sup>135</sup> COSTA, J. Almeida – Dicionário de Língua Portuguesa, p.762.

<sup>136</sup> COSTA, cit.135, p.1274

<sup>137</sup> PINTO, Alberto Reaes – A pré-fabricação na industrialização da construção. Binário. (1973), p. 470.

<sup>138</sup> PINTO, cit.137.p.470.

### (Tipos de pré-fabricação)

**Pré-fabricação ligeira:** “elementos não ultrapassam normalmente os 300kg e não necessitam de sistemas de transporte ou de elevação de grande potência.”<sup>139</sup>

**Pré-fabricação pesada:** “caracterizada por elementos de grandes dimensões e complexos na sua composição que chegam a pesar 8 toneladas e mais (no caso do sistema de pré-fabricação volumétrico), exigindo sistemas de transporte e de elevação de grande potência.

O material base é geralmente o betão, havendo no entanto, sistemas constituídos também por elementos cerâmicos (tijolo e argila expandida) (...) Utiliza painéis de grandes dimensões, feitos em fábrica por meio de moldes de grande precisão, dentro do compromisso potência mecânica de elevação (pontes rolantes e guas), raio de acção e condicionamentos dos transportes (...). São elementos que contém já todas as armaduras metálicas, instalações eléctricas e revestimentos exteriores.”<sup>140</sup>

### (Sistemas de pré-fabricação)

**Sistema fechado:** O edifício é uma concepção unitária. Sistemas completos que compreendem as paredes exteriores e interiores do edifício, lajes, escadas, elementos de suporte da cobertura, entre outros elementos. Os fabricantes devem assegurar apenas que os componentes do sistema sejam compatíveis entre si. Um sistema diz-se fechado quando não permite a permutabilidade de componentes entre sistemas específicos diferentes; e diz-se aberto quando o permite.

**Sistema aberto:** Compatibilidade entre componentes é a característica principal. Nos sistemas abertos os requisitos dominantes encontram-se relacionados com a coordenação dimensional dos componentes e aceitação de juntas e uniões comuns, para satisfazer o requisito de universalidade.

No âmbito da evolução de grandes lajes e painéis foram desenvolvidas diversas técnicas, como as lajes alveolares, os painéis sandwich, painéis maciços ou nervurados, painéis de betão armado com fibras, como GFRC, entre outros. Em

---

<sup>139</sup> PINTO, cit.137.p.470.

<sup>140</sup> PINTO, cit.137.p.470.

conjunto caracterizam-se por aproveitar o progressivo progresso da automatização e fabricar catálogos de produtos em série mais variados.

Assim, sobre a estrutura porticada podem dispor-se diversos tipos de lajes pré-fabricadas ou semi-pré-fabricadas e uma ampla diversidade de elementos de encerramento. São o caso dos painéis alveolares para os quais existem diversos fabricantes no mercado, e das pré-lages que são compatíveis com este sistema.

#### (Vertentes da pré-fabricação)

**Vertente linear:** unidireccional - estrutura. “Produção de pilares e vigas, com montagem rápida destes elementos, constituindo um sistema monolítico, no qual se podem inserir painéis de fachada pré-fabricados ou paredes executadas com processos convencionais.”<sup>141</sup> Normalmente, os sistemas lineares têm grande utilização em edifícios industriais do tipo armazém (nave ou hangar).

A sua utilização na indústria da habitação é apenas racional na construção em altura.

**Vertente plana:** bidireccional – painéis. Dentro dos sistemas pré-fabricados é o que tem maior número de aplicações.

**Vertente plano-linear:** painéis+estrutura. Os componentes planos podem fazer parte da pré-fabricação parcial (em que as paredes tendem a libertar-se das suas funções portantes, para se inserirem em estruturas reticuladas de pilar e viga, de betão armado ou metálicas) ou da pré-fabricação total (produção de painéis pré-fabricados verticais e horizontais, correspondentes a todos os elementos que constituem um edifício, na fase de projecto).

**Vertente tridimensional:** volumétrico, caixas. Dentro dos sistemas pré-fabricados o sistema do tipo “caixa” é o menos flexível, mas que mais vantagens pode tirar da sua produção em fábrica através da possibilidade da sua montagem total em linhas de produção, o que se traduz em vantagens económicas e garantias de qualidade. A dimensão do módulo caixa é fortemente condicionada pelo meio em que este será transportado, atendendo-se ao seu peso e volume.

---

<sup>141</sup> CONGRESSO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICAÇÃO EM BETÃO, 1, Porto, 2000, p. 67.

## **Nomenclaturas referentes à coordenação dimensional modular**

**Coordenação dimensional:** “estabelecimento de uma gama de dimensões relacionadas ente si para uso comum e simultâneo no dimensionamento de elementos e edifícios por aqueles constituídos”.<sup>142</sup>

**Coordenação modular:** “sistema de coordenação dimensional referente ao módulo”.<sup>143</sup>

**Elementos:** “são produtos industriais manufacturados como unidades independentes (como painéis de parede, blocos, janelas) tendo dimensões fixas pelo menos em duas direcções e que por consequência se torna inconveniente ou impossível alterar no estaleiro”<sup>144</sup>

**Elementos semifinitos:** “elementos cujas secções são definidas mas, o comprimento não é especificado”<sup>145</sup>

**Elementos finitos:** “elementos constituídos por produtos simples com as três dimensões especificadas, completos em si mesmos, mas destinados a fazer parte dos elementos complexos [destinados a fazer parte dos elementos funcionais – por exemplo o pano de parede] ou dos elementos funcionais [partes constituintes de um edifício tendo uma identidade própria – por exemplo a parede acabada] (ex.tijolo)”<sup>146</sup>

**Junta:** “espaço entre dois elementos adjacentes quer esteja ou não preenchido por material de enchimento.”<sup>147</sup>

---

<sup>142</sup> CONGRESSO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICAÇÃO DA INDÚSTRIA EM BETÃO, cit. 141, p.14.

<sup>143</sup> CONGRESSO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICAÇÃO DA INDÚSTRIA EM BETÃO, cit. 141, p.14.

<sup>144</sup> CONGRESSO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICAÇÃO DA INDÚSTRIA EM BETÃO, cit. 141, p.36

<sup>145</sup> CONGRESSO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICAÇÃO DA INDÚSTRIA EM BETÃO, cit. 141, p.36.

<sup>146</sup> CONGRESSO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICAÇÃO DA INDÚSTRIA EM BETÃO, cit. 141, p.36.

<sup>147</sup> CONGRESSO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICAÇÃO DA INDÚSTRIA EM BETÃO, cit. 141, p.37.

**Módulo:** “dimensão conveniente que é usada como unidade de acréscimo no estabelecimento de dimensões. Unidade de dimensão, especificada para efeitos de coordenação dimensional”<sup>148</sup>.

**Módulo base:** “módulo fixado, por acordo, em 10 cm – M – usado na coordenação de dimensões dos elementos das construções”.<sup>149</sup>

**Malha de referência ou quadrícula de referência:** “sistema de linhas auxiliares através do qual se podem determinar num plano, as dimensões e a posição dos elementos de construção”<sup>150</sup> (se for uma malha modular ou uma malha modular base os intervalos são múltiplos do módulo base ou são o módulo base, respectivamente)

**Malha de projecto:** “os intervalos não são necessariamente regulares, sendo o retículo determinado por exigências do edifício em questão, pelas necessidades dos utentes e pelo método de construção”<sup>151</sup>

**Tolerância de fabrico:** “a folga prevista para a falta de precisão no fabrico de um elemento”

### **Principais organizações internacionais:**

AEP: Agência Europeia para a Produtividade.

AFNOR: Association Française de Normalisation.

ASA: American Standard Association.

CIB: Conseil International du Bâtiment pour la recherche l'étude et la documentation.

CSTB: Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.

---

<sup>148</sup> BYRNE, Gonçalo – Racionalização do processo de projecto I: coordenação dimensional modular: princípios e aplicação, p. 13.

<sup>149</sup> BYRNE, cit. 149, p. 13.

<sup>150</sup> BYRNE, cit. 149, p.20.

<sup>151</sup> BYRNE, cit. 149, p.20.

*FIB* (CEB+FIP): Fédération internationale du béton (1998) (Comissão Europeia do Betão (1953) + Fédération Internationale de la Précontrainte(1953)).

IMG: International Modular Group.

ISO: International Organization for Standardization.

OEA: Organização dos Estados Americanos.

OECE: Organização Europeia de Cooperação Económica.

SI: Sistema Internacional de Unidades.

## Breve entrevista ao Arquitecto Alberto Reaes Pinto

**Antes de falar sobre a sua obra em Santo António dos Cavaleiros, tendo em conta que trabalhou intensamente sobre a pré-fabricação, pode esclarecer porque é que a Baixa Pombalina de Lisboa não é um sistema construtivo pré-fabricado, apesar de alguns autores afirmarem que a baixa pombalina é construída com elementos pré-fabricados?**

É um erro muito frequente referirem que a pré-fabricação teve origem, em Portugal, na construção pombalina e confundirem a normalização, *standardização* e tipificação (n.s.t) com a pré-fabricação.

As n.s.t. podem ser comuns à construção tradicional/convencional e à construção industrializada, nomeadamente a pré-fabricação.

O que se verificou na construção dos edifícios no período pombalino, foi a utilização de elementos normalizados e tipificados executados artesanalmente no local ou em oficinas.

Citando Gerard Blâchére (1975), que foi director do Centre Schientifique et technique du Bâtiment e Presidente do CIB - Centre Internacional du bâtiment – “A construção industrializada, nomeadamente a pré-fabricação, é a utilização de tecnologias que substituem a habilidade da mão-de-obra do artesão pela máquina”. Ou de acordo com Freyssinet (1974) – “Pré-fabricação é um método de construção por montagem rápida de elementos idênticos, previamente fabricados mecanicamente em linha”

**Como e quando é que o processo construtivo pré-fabricado – FIORIO – chegou ao nosso país? Que outros sistemas semelhantes existem?**

O processo francês FIORIO é um processo francês que foi introduzido em Portugal pela firma de pré-fabricação ICESA em 1964, quando comecei a trabalhar na dita empresa.

É um processo de pré-fabricação pesada total (dentro dos processos de pré-fabricação é dos mais leves) com base no betão e tijolo.

Por ser mais leve que os processos de betão, tem um raio de acção maior. Foi escolhido além disso, pelo facto de ser um processo de tecnologia mais simples que os de betão, com mais mão-de-obra, por incorporar tijolo, material cerâmico que existe com abundância no nosso país e pelos painéis serem mais leves e portanto exigirem sistemas de transporte e elevação (pontes rolantes e gruas) menos potentes.

Há outros sistemas idênticos de tijolo e betão mas poucos, por exemplo o processo Costamagna.

**Em que consiste exactamente o tradicional evoluído ou racionalizado, dentro da industrialização da construção?**

As duas grandes vias que desde o início competiram e fizeram preços do mercado foram a Pré-fabricação (total ou parcial, pesada ou leve, nas suas vertentes plana, linear, plano-linear e tridimensional) e o Tradicional Evoluído ou Racionalizado, com base no betão moldado “in situ”, com origem no “béton banché” (betão de cal e resíduos de combustão da hulha, “mâchefer”, antes do aparecimento do cimento Portland, patenteado por Joseph Aspdin, em 1824). Utiliza materiais novos derivados do cimento e também tradicionais, racionaliza processos de construção em obra mas, também, faz recurso á utilização de equipamentos especiais.

Utiliza a organização científica do trabalho, exige a definição do projecto em termos de interdisciplinaridade, a preparação do trabalho e métodos para a construção, racionaliza e industrializa moldes metálicos e outros equipamentos para transporte e elevação e usa também em processos mistos, alguns elementos pré-fabricados, por vezes, no local.

### **Porque é que foi escolhida a zona de Loures para a primeira experiência de pré-fabricação pesada?**

Foi escolhido o terreno onde hoje é Santo António dos Cavaleiros pela sua proximidade de Lisboa 6 a 7 km e da fábrica, cerca de 12 a 15km. Funcionava como um volante e absorvia a produção que não era absorvida pela actividade das empreitadas.

### **Considera que a pré-fabricação total pesada, prejudica a criatividade do arquitecto?**

A criatividade do arquitecto resulta de vários compromissos e vertentes, entre eles a tecnologia, que tem que saber enquadrar e gerir.

Dizemos que arquitectura é uma síntese de três vertentes fundamentais; a arte, a visibilidade, a história, a filosofia a cultura; a ciência, a tecnologia e a investigação; as ciências humanas.

No entanto, a pré-fabricação pesada total, pelas suas limitações de falta de flexibilidade não potencia os espaços utilizados para novas formas de trabalhos e utilização.

As tendências que tendem no sentido da industrialização, não podem deixar de ser influenciadas por vectores muito importantes como a qualidade, a produtividade, a energia, o conforto, a informática, o respeito pelo ambiente, a maior duração dos edifícios, a reutilização e a reciclagem de materiais que constituem os edifício.

A indústria da construção, na cauda do desenvolvimento das outras indústrias, tende a beneficiar da organização, gestão e informatização dos processos de produção de outras indústrias mais ricas.

Apesar da difusão das técnicas de execução em obra, o estaleiro tende a ser um local de montagem, não só de materiais industrializados (racionalização e industrialização da associação de dois ou mais materiais em fábrica, com o objectivo de, por sinergias resultantes da sua industrialização, se poder obter maior produtividade, qualidade e polivalência) mas, também de componentes pré-

fabricados, mais leves e flexíveis, com ligações metálicas a seco, facilmente montáveis e desmontáveis.

A concepção desses componentes visa também o fim do ciclo dos edifícios, após o que através da sua desconstrução, na fase de desmantelamento, possam ser reutilizados e reciclados dentro de uma óptica de construção sustentável.

Quanto aos materiais, o betão, (e o ferro de construção) que nasceu como um produto industrial com o espírito da pré-fabricação, mantém ainda fortes potencialidades e tem vindo a alcançar tal produtividade e baixos custos que, dificilmente materiais novos com ele podem competir. A tendência para a utilização de materiais novos com base na reciclagem torna difícil, neste momento, a concorrência com o betão, uma vez que mesmo a custo zero, o preço da recolha e produção desses materiais ainda não os torna competitivos.

Por outro lado, a associação com outros materiais tem aumentado e melhorado a polivalência das suas características e o betão é um material que, pela sua fácil moldagem, tem uma boa resposta à imaginação e criatividade dos arquitectos e engenheiros.