

1^{AS} JORNADAS DE ENGENHARIA CIVIL

16 a 26 Novembro 1976



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

MEDIR E MODULAR

por HERBERT MIRANDA

Eng. Civil Especialista em planeamento — professor do I.S.E.L.

MEASURE AND MODULATE

MESURER ET MODULER

1 — INTRODUÇÃO

A necessidade de construir que se manifesta em todos os sectores, desde o da habitação, em que o homem recupera da fadiga física e intelectual, consequência da sua actividade diária, até àquele em que exerce a sua actividade de produção ou onde realiza as suas ocupações sociais dos tempos livres, obriga a procurar soluções, para a limitação de espaços — cada vez mais económicos em tempo, dinheiro, materiais e mão de obra.

Este objectivo levou ao desenvolvimento de técnicas de prefabricação, e bem assim a industrializar a construção, por elementos cada vez maiores — de acordo com os meios mecânicos de que se pode dispor na zona industrial, nos transportes e no estaleiro. Assim, conforme os elementos de construção a colocar em obra são manuseáveis ou, pelas suas dimensões e peso, careçam de meios mecânicos para poderem ser utilizados, a prefabricação está diferenciada em:

- a) Prefabricação ligeira
- b) Prefabricação pesada

Por outro lado, os diversos materiais que se utilizam na construção permitem a prefabricação industrial de elementos de construção: metálicos, de madeira, de betão, de pedra, de argila cozida, de vidro, etc.

2 — A PREFABRICAÇÃO ATRAVÉS DOS TEMPOS

Desde os tempos mais remotos que o homem procurou melhorar a sua produtividade e a qualidade do seu trabalho.

É assim que, a partir do trabalho, foi criando meios — o seu capital — que pudessem contribuir para melhorar a sua produção.

Através da História a prefabricação de elementos de construção foi sempre usada pelas diversas culturas, sendo de notar, genericamente:

2.1 — As pirâmides e outros monumentos que os Egípcios construíram, em que os elementos préfabricados de grandes dimensões, a aplicar na sua construção, eram transportados a distâncias notáveis — que ainda hoje nos surpreendem, dados os meios de que então se dispunha.

Note-se que a construção dos Egípcios é um tipo de prefabricação pesada, uma vez que, elementos de pedra de grandes dimensões eram talhados nas pedreiras e usados em obras, em diversos

pontos, onde se ajustavam e combinavam perfeitamente entre si.

Este facto mostra que já os Egípcios sabiam dimensionar elementos pesados, fora da obra, que se ajustavam perfeitamente à sua função na construção — o que nos leva a considerar que os Egípcios sabiam modular.

2.2 — Por sua vez os Assírios e os Caldeus, não dispondo de pedra para construção, foram forçados a recorrer ao material de que podiam dispor — a argila. Este facto levou-os a desenvolver uma técnica de trabalhar o barro, procedendo à sua cozedura e decoração em elementos ligeiros, a aplicar na construção.

Assim, os Assírios e os Caldeus, povos da Antiguidade Oriental, são os precursores da prefabricação ligeira.

2.3 — Seguindo o desenvolvimento cultural do Mediterrâneo, encontramos na Grécia antiga — que dispõe de madeira, de argila e de boas pedreiras de calcário — a utilização destes materiais na prefabricação de elementos destinados à construção de edifícios habitacionais e públicos. Porém, os elementos prefabricados são manuseáveis ou carecem dum equipamento simples para a sua colocação em obra.

2.4 — Só mais tarde, os Romanos, reunindo a cultura dos povos do litoral do Mediterrâneo, racionalizaram as técnicas de prefabricação de elementos de construção, utilizando elementos ligeiros ou elementos pesados, destinados à construção habitacional e à construção de edifícios públicos. Foram, assim, criados padrões de referência e séries de números preferenciais — conforme a função a que se destinava a construção.

As técnicas que os Romanos usavam nas suas construções foram reunidas por Vitruvius — arquitecto de Augusto, imperador romano — e divulgadas, no princípio da Idade Moderna, com a publicação dos seus dez livros de arquitectura, o que em muito contribuiu para a Renascença.

Da observação dos monumentos e outras construções romanas, facilmente se conclui que foram mestres — quer na modulação, quer no dimensionamento à escala humana ou à proporção humana de elementos prefabricados.

Entre nós, a prefabricação de elementos de construção não constituiu novidade, uma vez que a passagem dos Romanos pela Península nos deixou a sua cultura, que se tem conservado através dos tempos e que se manifesta em todos os sectores da actividade, incluindo a construção, o que facilmente se verifica nas ruínas de construção romanas que abundam no País.

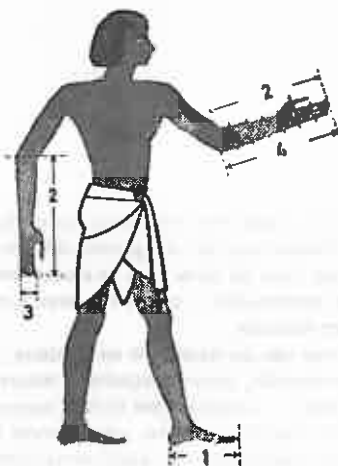
3 — SABER MEDIR

A prefabricação, especialmente no campo da construção habitacional, é muito sensível no que se refere à medição. Todos sabemos medir no sistema métrico decimal, tal como nos ensinaram na instrução primária. Mas, na prefabricação, podemos dizer que umas vezes o metro é o metro corrente enquanto que noutras é um pouco mais pequeno; o mesmo acontecendo com os elementos de construção modulados e normalizados, em que as dimensões nominais diferem das dimensões reais, dependendo estas dos materiais de que são feitos, da sua função na construção e do modo como são ligados.

3.1 — Dimensão humana

Uma vez que o medir, na prefabricação, depende do espírito criador do homem e dos recursos físicos de que dispõe, devemos considerar esta acção como uma arte.

É assim que o homem, ao dedicar-se à arte de medir, usou para termo de comparação o seu corpo — o palmo, o pé, a côvada, a braça, foram padrões de medida na cultura dos povos antigos e que ainda se usam em muitas regiões do Mundo.



Eram medidas funcionais de que o homem se servia para construir e, qua quer diferença, só ao construtor atingia — uma vez que havia graves riscos quando o cliente não ficava satisfeito.

Quando se tratava de trocas comerciais, naturalmente, o comprador escolhia para encarregado de recepção um escravo de pés grandes e braços compridos, dando-se o inverso quanto à escolha do que fazia as entregas. Este sistema tinha como consequência que um tecido adquirido por determinada importância em determinada praça era vendido numa outra praça por menor preço, dada a notável diferença que havia na dimensão real de medidas com o mesmo nome.

No que se refere à prefabricação, o homem procura uma unidade de medida, que designa por módulo e que tanto se aplica como unidade de medida (o módulo de base), como elemento de construção (o módulo de construção).

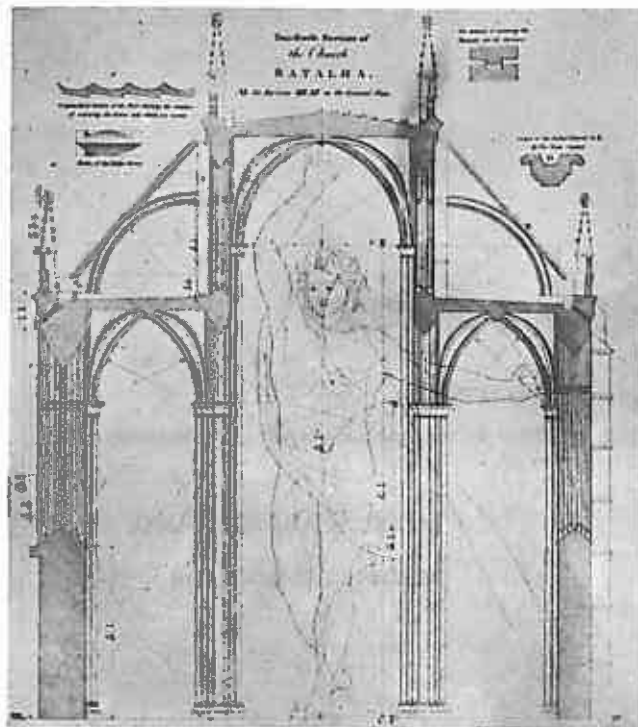
3.2 — A Proporção humana

Desde a Antiguidade que no dimensionamento das construções, a par da dimensão humana, se desenvolveu a proporção humana — como padrão de referência para o seu dimensionamento.

Aos povos antigos se deve a diferenciação das duas séries de medidas relacionadas com as dimensões do corpo humano ou com a sua proporção e, aos Romanos, a sistematização usada na sua aplicação que, resistindo ao tempo, se exprime, resumidamente nos princípios seguintes:

— A construção habitacional é dimensionada de acordo com o corpo humano.

— As construções destinadas aos serviços públicos são dimensionadas pela proporção humana.



É de notar que, já na Antiguidade, o elemento de construção usado na prefabricação, considerava, nas suas dimensões nominais, a junta de ligação e o revestimento.

No início da nossa nacionalidade, os diversos sistemas de medida em uso na Península, derivavam do egípcio-babilónico. Tinham sido introduzidos, entre nós, pelos Romanos através do Sul da Europa e pelos Árabes através do Norte de África.

4 — MODULAÇÃO

As diferentes funções dos elementos a dimensionar para servirem numa construção, condicionados aos sistemas de medida a que me referi, deram origem a uma série de conceitos que se torna necessário definir para se compreender bem os condicionamentos da industrialização da construção. Assim, temos:

4.1 — Módulo Clássico

O módulo tradicional usado com base do dimensionamento dos elementos de construção, que, no nosso País tem ainda larga aplicação é o que mede 12 cm, que corresponde ao tijolo corrente de 7 x 11 x 23 cm e que, na construção, contando com a junta, tem em volume modular:

$$2/3M \times 1M \times 2M$$

Ainda hoje, nas alvenarias e nos revestimentos, é de uso corrente o módulo 12, com apreciáveis resultados no que se refere a produtividade.

4.2 — Módulos Métricos

Os diversos sistemas métricos em uso, levaram, na passagem da construção tradicional à construção industrializada, à fabricação de diversos elementos modulados e dimensionados de acordo com a unidade do sistema métrico usado.

A normalização do módulo de 10 cm, nos países que aderiram à convenção do metro, tem-se generalizado e tem a vantagem de se aproximar do módulo de quatro polegadas — usado no espaço cultural que mantém o sistema inglês de medida, agora em reconversão ao sistema métrico decimal.

Entre nós, o módulo de dez cm aparece já em muitos elementos de construção — mas sem se ter ainda conseguido dominar, totalmente, toda a indústria da prefabricação.

Presentemente, é já de recomendar que todos os projectos da construção habitacional satisfaçam ao módulo 10, ou usem elementos de construção que satisfaçam aos módulos 10, 12, 15, 20 e 30, uma vez que é corrente existirem no mercado elementos prefabricados satisfazendo aqueles diferentes módulos.

4.3 — Módulo de base

O módulo de base é a unidade modular que se adopta e aparece como unidade linear, de superfície e de volume. É assim que, normalizando o módulo dez, teremos em superfície como módulo o dm^2 e em volume o dm^3 .

4.4. — Módulo de Construção

A procura de soluções, cada vez mais económicas, para se poder satisfazer à necessidade sempre crescente de habitações, levou à utilização de elementos prefabricados — quer produzidos por indústrias especializadas quer nos estaleiros, de acordo com os equipamentos de que se dispõe.

Se a técnica usada na construção for a tradicional, o módulo de construção depende da densidade dos materiais, estando limitada a sua dimensão ao que é possível manusear pela equipa de trabalho, dentro da melhor produtividade. Este facto leva a considerar que a dimensão do módulo de construção, mais económica, varia com o custo da mão de obra, dos equipamentos disponíveis, dos materiais existentes e dos novos materiais que, constantemente, vão aparecendo no mercado.

Na prefabricação pesada, tudo depende dos meios mecânicos existentes no estaleiro, do número de repetições do elemento de construção e da sua função na obra.

4.5 — Módulos industriais

Na industrialização da construção, o módulo tem um significado diferente, e é escolhido de acordo com as exigências do mercado, em determinado estado de desenvolvimento e, portanto, de acordo com as máquinas de que se pode dispor.

Nas indústrias de construção de prefabricados, dá-se a designação de módulo a um elemento de construção de dimensões variáveis e que se repete na construção como elemento de base.

4.6 — Elementos Modulados

Do que dissemos, conclui-se que é de aconselhar ao sector industrial da prefabricação de elementos destinados à construção habitacional, a produção de elementos modulados tendo o mesmo módulo de base. Isto para permitir, sem trabalho adicional, o ajuste na obra, de vários elementos de construção produzidos em diversos locais.

Entre nós, é de recomendar o módulo de construção de 60 cm, uma vez que são correntes, no mercado, elementos de construção prefabricados satisfazendo aos módulos 10, 12, 15, 20 e 30, todos eles divisores de 60 e, portanto, permitindo a coordenação modular na construção.

5 — CONCLUSÃO

Para concluir estas considerações sobre a modulação, vamos definir alguns conceitos de base necessários à coordenação modular:

5.1 — Coordenação modular

A coordenação modular consiste no emprego de elementos de construção, dimensionados de forma a ter por unidade um módulo que torne possível a sua colocação em obra sem ajustamento.

5.2 — Elemento de construção

É uma unidade simples, ou uma unidade composta, ou ainda uma fracção de unidade, que faz parte duma construção.

5.3 — Elemento modular

É uma unidade simples, ou composta, que faz parte duma construção cujo projecto foi executado a partir do "módulo de base".

5.4 — Módulo de base

É a unidade de dimensionamento, fixa, a que se referem todas as dimensões que fazem parte de um sistema de coordenação modular.

5.5 — Módulo do projecto ou de construção

Unidade superior, cujas dimensões são múltiplos do módulo de base. O módulo do projecto pode ter diferentes dimensões, mas é sempre múltiplo do "módulo de base" — que é uma unidade padrão.

5.6 — Quadricula modular

É a quadricula formada por "módulos de base".

5.7 — Dimensão modular

Chama-se dimensão modular à dimensão expressa em múltiplos inteiros do módulo de base.

5.8 — Dimensão nominal

É a dimensão referenciada no projecto e à qual se referem as tolerâncias.

5.9 — Dimensão máxima

É a dimensão máxima admissível, isto é: a dimensão nominal mais a tolerância.

5.10 — Dimensão mínima

É a dimensão mínima admissível, isto é: a dimensão nominal menos a tolerância.

5.11 — Dimensão real

É a dimensão executada na obra concluída, e que compreende as tolerâncias admitidas e as do sistema de medida.

5.12 — Dimensão industrial

É a dimensão do elemento prefabricado, ou seja: a "dimensão nominal" menos o espaço das juntas e mais ou menos as tolerâncias.

5.13 — Dimensões preferenciais

São dimensões que apresentam vantagens, para a coordenação modular, por permitirem combinações de elementos diversos.

5.14 — Junta total

Espaço que separa dois elementos vizinhos colocados em obra.

5.15 — Tolerância de trabalho

É o erro máximo admissível no dimensionamento da construção. Deve estar sempre compreendido entre a "dimensão máxima" e a "dimensão mínima" consideradas.

Com estas definições resumimos o que consideramos indispensável conhecer, para se poder pensar na industrialização da prefabricação, isto é: torna-se necessário saber "medir e modular".