

Coleção HABITARE / FINEP

# INTRODUÇÃO À COORDENAÇÃO MODULAR DA CONSTRUÇÃO NO BRASIL:

Uma abordagem atualizada

Hélio Adão Greven  
Alexandra Staudt Follmann Baldauf

Porto Alegre  
2007



© 2007, Coleção HABITARE  
Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ANTAC  
Av. Osvaldo Aranha, 99 - 3º andar - Centro  
CEP 90035-190 - Porto Alegre - RS  
Telefone (51) 3308-4084 - Fax (51) 3308-4054  
<http://www.antac.org.br/>

#### **Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP**

Presidente

**Luis Manuel Rebelo Fernandes**

Diretoria de Inovação

**Eduardo Moreira da Costa**

Diretoria de Administração e Finanças

**Fernando de Nielander Ribeiro**

Diretoria de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

**Eugenius Kaszkurewicz**

Área de Tecnologias para o Desenvolvimento Social - ATDS

**Marco Augusto Salles Teles**

#### **Grupo Coordenador Programa HABITARE**

Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP

Caixa Econômica Federal - CAIXA

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico  
- CNPq

Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT

Ministério das Cidades

Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído –  
ANTAC

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas –  
SEBRAE

Comitê Brasileiro da Construção Civil da Associação Brasileira de  
Normas Técnicas - COBRACON/ABNT

Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC

Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em  
Planejamento Urbano e Regional – ANPUR

#### **Apoio Financeiro**

Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP

Caixa Econômica Federal – CAIXA

#### **Apoio institucional**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

Fundação Athos Bulcão

#### **Editores da Coleção HABITARE**

Roberto Lamberts - UFSC

Carlos Sartor – FINEP

#### **Equipe Programa HABITARE**

Ana Maria de Souza

Angela Mazzini Silva

#### **Autores da Coleção**

Hélio Adão Greven

Alexandra Staudt Follmann Baldauf

#### **Produção de imagens**

Daniel Tomazoni

#### **Texto da capa**

Arley Reis e Alexandra Staudt Follmann Baldauf

#### **Revisão**

Giovanni Secco

#### **Projeto gráfico**

Regina Álvares

#### **Editoração eletrônica**

Amanda Vivan

#### **Imagem da capa**

Sem título, 1982, acrílica sobre tela, acervo Fundação Athos Bulcão

#### **Fotolitos, impressão e distribuição**

COAN - Indústria Gráfica

[www.coan.com.br](http://www.coan.com.br)

#### **Catologação na Publicação (CIP).**

#### **Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC).**

---

**G837i** Introdução à coordenação modular da construção  
no Brasil: uma abordagem atualizada / Hélio Adão  
Greven; Alexandra Staudt Follmann Baldauf.  
— Porto Alegre : ANTAC, 2007. — (Coleção Habitare,9)

72 p.  
ISBN 978-85-89478-23-6

1. Coordenação modular 2. Construção civil. I. Greven,  
Hélio Adão II. Baldauf, Alexandra Staudt Follmann III. Série.

CDU: 69.057 (043)

---

ESTE LIVRO É DE DISTRIBUIÇÃO GRATUITA.

## Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Aspectos Históricos da Coordenação Modular</b>	<b>15</b>
2.1	O Módulo	15
2.1.1	Os gregos	15
2.1.2	Os romanos	19
2.1.3	Os japoneses	21
2.2	Revolução Industrial	23
2.2.1	Do módulo à Coordenação Modular	23
2.3	Século XX	25
<b>3</b>	<b>Teoria da Coordenação Modular</b>	<b>33</b>
3.1	Definições de Coordenação Modular	33
3.2	Objetivos da Coordenação Modular	34
3.3	O Módulo	35
3.4	Instrumentos da Coordenação Modular	37
3.4.1	Sistema de referência	37
3.4.1.1	Reticulado modular espacial de referência	38
3.4.1.2	Quadriculado modular de referência ou malha modular	40
3.4.2	Sistema modular de medidas	40
3.4.2.1	Multimódulos	42
3.4.2.2	Submódulos	42
3.4.2.3	Medida modular	42
3.4.2.4	Medida nominal	43
3.4.2.5	Junta modular	43
3.4.3	Sistema de ajustes e tolerâncias ou ajuste modular	43
3.4.3.1	Ajuste modular positivo	44
3.4.3.2	Ajuste modular negativo	45
3.4.3.3	Ajuste modular nulo	45
3.4.4	Sistema de números preferenciais	46

3.5	Projeto Modular	47
3.5.1	Posição dos componentes em relação ao quadriculado modular de referência	47
3.5.1.1	Posição simétrica	47
3.5.1.2	Posição assimétrica	48
3.5.1.3	Posição lateral	48
3.5.2	Componentes modulares	49
3.5.3	Conjuntos de peças e/ou produtos não modulares	51
3.5.4	Zona neutra	52
<b>4</b>	<b>Desenvolvimento de Estudos no Brasil</b>	<b>55</b>
<b>5</b>	<b>O Presente e o Futuro da Coordenação Modular</b>	<b>65</b>
5.1	Nos Países Industrializados	65
5.2	No Brasil	66
	<b>Referências</b>	<b>69</b>

## Lista de figuras

Figura 1: Vãos normais e de esquina na arquitetura grega _____	16
Figura 2: Casa grega de um pavimento, do ano de 448 A.C. _____	17
Figura 3: As ordens gregas segundo Viñola _____	18
Figura 4: Cidade de emona _____	20
Figura 5: As medidas modulares romana _____	21
Figura 6: Residência típica japonesa _____	22
Figura 7: Palácio de cristal _____	24
Figura 8: Vista do bairro-operário Weissenhof _____	26
Figura 9: Le Modulor _____	28
Figura 10: Publicação das primeiras normas de Coordenação Modular _____	31
Figura 11: Sistema de referência _____	37
Figura 12: Reticulado modular espacial de referência _____	38
Figura 13: Localização dos componentes na malha espacial _____	39
Figura 14: Quadriculados modulares M, 3M e 24M _____	41
Figura 15: Medida modular, medida nominal, junta modular e ajuste modular _____	43
Figura 16: Ajuste modular positivo _____	44
Figura 17: Ajuste modular negativo _____	45
Figura 18: Ajuste modular nulo _____	46
Figura 19: Componentes em posição simétrica em relação à linha do quadriculado modular de referência _____	47

Figura 20: Componentes em posição assimétrica em relação à linha do quadriculado modular de referência _____	48
Figura 21: Componentes em posição lateral em relação à linha do quadriculado modular de referência _____	48
Figura 22: Adição e combinação de componentes modulares _____	49
Figura 23: Planta baixa modular a partir de blocos _____	50
Figura 24: Elevação de parede executada em alvenaria modular de blocos _____	51
Figura 25: Conjunto modular composto de peças e/ou produtos não modulares _____	52
Figura 26: Zona neutra na junta de dilatação _____	52
Figura 27: Zona neutra com blocos girados _____	53
Figura 28: Lista das normas referentes à Coordenação Modular publicadas pela ABNT _____	61
Figura 29: Exemplo de relação dimensional entre vãos e esquadrias _____	62
Figura 30: Sistemática da conectividade entre componentes _____	66

## Siglas

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

AEP: Agência Européia para a Produtividade

AFNOR: Association Française de Normalisation

ASA: American Standard Association

BNH: Banco Nacional da Habitação

CBC: Centro Brasileiro da Construção Bouwcentrum

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

CNI : Confederação Nacional da Indústria

COPANT : Comitê Pan-Americano de Normas Técnicas

DIN: Deutsches Institut für Normung

FAU: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

IDEG: Instituto de Desenvolvimento Econômico e Gerencial

IMG: International Modular Group

INMETRO: Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

ISO: International Organization for Standardization

NBR: Norma Brasileira Registrada

OEA: Organização dos Estados Americanos

OECE: Organização Européia de Cooperação Econômica

PBQP-H: Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat

PUC: Pontifícia Universidade Católica

SI: Sistema Internacional de Unidades

TC: Technical Committee

UFRJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro

## Prefácio

Estudos desenvolvidos por vários setores da indústria e da academia buscam definir as necessidades e as soluções para a cadeia da construção civil no Brasil. Esses trabalhos mostram que há problemas em todos os elos. O setor de insumos necessita melhorar a produtividade e a qualidade além de aumentar o valor agregado. A cadeia produtiva busca aumentar a produtividade, reduzir o custo dos insumos e, ao mesmo tempo, estar em conformidade com as normas vigentes. Enquanto isso o consumidor final anseia por edificações de melhor qualidade e menor preço.

Uma das formas de atingir os objetivos acima é a busca da racionalização e industrialização da construção, de tal maneira que a construção de edificações possa aplicar efetivamente as melhores práticas tanto no projeto como na produção. Edificações projetadas não mais com o paradigma da produção em massa, mas em sintonia com o pensamento atual em sistemas de produção, a customização em massa. Em suma, procura-se permitir que o usuário possa efetivamente escolher o habitat que melhor se aproxima de seus anseios individuais e, ao mesmo tempo, possibilitar um processo de projeto e produção com baixos níveis de perdas. Para que isso seja possível, é imprescindível, entre outras coisas, que os insumos estejam em conformidade com as normas e que estas contemplem os conceitos de Coordenação Modular. Além disso, esses conceitos devem ser incorporados nas práticas dos outros membros da cadeia produtiva: os projetistas e os construtores.

O Brasil foi um dos primeiros países do mundo a aprovar uma norma de Coordenação Modular decimétrica (módulo de 10 cm), a NB-25R, em 1950. Nos anos 70 e início dos 80, o Banco Nacional da Habitação (BNH) patrocinou diversos estudos que destacaram a implementação da Coordenação Modular na construção como ferramenta importante para a racionalização. Essa filosofia teve grande expansão até o início da década de 70, começando a dar sinais de queda gradual a partir do seu final, intensificando-se com a recessão de meados da década de 80.

Apesar das quase três dezenas de normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) sobre Coordenação Modular, vigentes há mais de 30 anos, essas raramente são utilizadas pelo meio técnico, seja pelos projetistas, seja pelos produtores de insumos para a construção civil.

No princípio, a normalização não interessou ao setor da construção civil, que estava direcionado às classes mais privilegiadas. Além disso, a década de 70 também correspondeu à produção maciça de habitações de interesse social, que apresentava a característica oposta ao carecer de uma solução tecnológica



que exprimisse a racionalização construtiva e a redução de custos. A tecnologia era precária e fez com que o tema Coordenação Modular fosse relacionado pejorativamente com as construções econômicas de baixa qualidade.

Atualmente, a necessidade de redução de custos e de aumento da produtividade faz com que processos de racionalização e compatibilização construtiva e dimensional voltem a ser considerados.

O uso da Coordenação Modular de 10 cm, utilizada em todos os países desenvolvidos, com exceção dos Estados Unidos (que utiliza 4 polegadas), em particular, traz redução de custos em várias etapas do processo construtivo devido à otimização do uso da matéria-prima, à agilidade que confere no processo de projeto ou compra dos componentes, ao aumento da produtividade e à diminuição dos desperdícios e das perdas.

Nesse contexto situam-se os trabalhos da Rede “Desenvolvimento e difusão de tecnologias construtivas para a Habitação de Interesse Social”. São objetivos da Rede o desenvolvimento e a difusão de tecnologias construtivas para a habitação de interesse social, tendo como foco a Coordenação Modular e a conectividade entre componentes e subsistemas, e a avaliação de desempenho, viabilidade técnica, econômica e de mercado.

A proposta da Rede, que conta com a participação de oito universidades brasileiras ([www.habitacao-social.com.br](http://www.habitacao-social.com.br)), tem o mérito de propor uma visão integrada da construção e a indicação de caminhos para o desenvolvimento da construção civil.

Como primeira atividade conjunta da Rede, foi realizado um resgate da história e da teoria da Coordenação Modular no Brasil e no mundo, bem como um levantamento das normas brasileiras existentes sobre o tema e a necessidade de adequação delas aos objetivos e necessidades da cadeia produtiva da construção civil. O resultado é esta publicação, de autoria dos professores Hélio Adão Greven e Alexandra Staudt Follmann Baldauf, que atinge esse objetivo inicial.

Espera-se que ela sirva para um melhor entendimento do que é a Coordenação Modular, das vantagens que apresenta e também para uma reflexão por parte dos leitores sobre os caminhos a serem seguidos para que seja efetivamente implementada no Brasil.

Humberto Ramos Roman  
Coordenador Geral - Rede HIS

Aguinaldo dos Santos  
Coordenador Adjunto

# 1.

# 1.

## Introdução

O Brasil foi um dos primeiros países, em âmbito mundial, a aprovar uma norma de Coordenação Modular, a NB-25R, em 1950. Além disso, teve os anos 70 e início dos 80 tomados pelos conceitos e estudos a respeito, promovidos, principalmente, pelo Banco Nacional da Habitação (BNH), por Universidades e pelo Centro Brasileiro da Construção Bouwcentrum (CBC). No entanto, mesmo com tantos esforços para a promoção da Coordenação Modular, verifica-se hoje que ela não está sendo utilizada, tanto pela interrupção abrupta de bibliografia a partir do início da década de 80 e pela lacuna de estudos que, a partir de então, se formou, quanto pelo caos dimensional de grande parte dos componentes construtivos.

Poucos objetivos foram alcançados, mesmo com toda a promoção para a racionalização da construção. O fato é que, hoje, a indústria da construção civil apresenta-se como um setor de caráter heterogêneo em relação à sua produção, marcada, de um lado, por obras com um alto índice de produtividade e, de outro, por obras artesanais com altos índices de desperdício associados à baixa produtividade.

Para que a construção civil torne-se apta a desempenhar o papel a que é exigida pela realidade

moderna, é necessário que esteja capacitada a produzir edificações que, além de respeitarem condições indispensáveis – como habitabilidade, funcionalidade, durabilidade, segurança e acabamento –, também apresentem características relacionadas à produtividade, construtividade, baixo custo e desempenho ambiental, quesitos de grande importância, que atualmente representam um desafio para os profissionais da área.

Nos esforços em busca do desenvolvimento dessas características na indústria da construção civil no país, é que o presente trabalho tem a intenção de reativar conceitos, trazendo à pauta a questão da Coordenação Modular, esta já “antiga” inovação. Cada vez mais necessária e mais óbvia, a Coordenação Modular é ponto elementar para que vários problemas sejam solucionados, do projeto dos componentes à manutenção das edificações.

A Coordenação Modular é um sistema que qualificou a indústria da construção em um grande número de países, e, no contexto atual da produção de edificações, é imprescindível que ela volte a ser considerada, agora aliada a questões econômicas e de sustentabilidade.

As questões econômicas dizem respeito à redução de custos em várias etapas do processo construtivo quando do uso da Coordenação Modular. Essa redução de custos ocorre seja por otimização do uso da matéria-prima, seja pela agilidade no processo de decisão de projeto ou compra dos

componentes, seja por aumento da produtividade, seja por diminuição das perdas.

Com relação à sustentabilidade, a utilização da Coordenação Modular traz um melhor aproveitamento dos componentes construtivos e, em consequência disso, otimização do consumo de matérias-primas, de consumo energético para produção desses componentes e, por fim, de sobras desses componentes em função dos inúmeros cortes que sofrem na etapa de construção. Segundo Yeang (1999), que faz um balanço dos *inputs* (insumos) e *outputs* (produtos) da construção civil, 40% das matérias-primas (por peso) do mundo são usadas na construção de edificações a cada ano; 36% a 45% do *input* de energia de uma nação é usado nas edificações e 20% a 26% do lixo de aterros vem das construções.

Diante desses preceitos, para que se possa levar à indústria da construção civil as mesmas vantagens presentes nos processos de outras indústrias, verifica-se a necessidade da adoção de um sistema de medidas que ordene a construção desde a fabricação dos componentes, passando pelo projeto, chegando à execução da obra e, ainda, mais tarde, à manutenção. O sistema capaz de atingir esse objetivo é a Coordenação Modular (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1976).

Apesar de uma afirmação objetiva como essa, um hiato de décadas separa os dias de hoje dos

primeiros estudos e publicações sobre o assunto. A despeito das vantagens que traz, a Coordenação Modular não encontrou espaço em um país como o Brasil, destacado em várias áreas da ciência e da tecnologia, e mesmo da indústria da construção civil. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é difundir os conceitos da Coordenação Modular a todos os intervenientes<sup>1</sup> da cadeia produtiva da indústria da construção civil para, então, implantá-la de forma definitiva no Brasil. Considera-se importante que esses conceitos sejam entendidos pelos profissionais e técnicos da área, a fim de que se desenvolva um diálogo em comum entre aqueles que procuram contribuir para a discussão, a pesquisa e a prática da Coordenação Modular.

<sup>1</sup> Para este trabalho são considerados como intervenientes da cadeia produtiva os agentes governamentais, os agentes normalizadores, os agentes certificadores, as instituições de ensino, os arquitetos, os engenheiros, os projetistas, os fabricantes de componentes, os executores e os consumidores.

# 2.

## Aspectos históricos da coordenação modular

### 2.1 O módulo

A palavra “módulo” tem origem no latim *modulu* e, para o presente trabalho, significa, adotando as definições propostas por Ferreira (1999):

- a) medida reguladora das proporções de uma obra arquitetônica; ou
- b) quantidade que se toma como unidade de qualquer medida.

Historicamente, o uso de um módulo aparece na Arquitetura em uma interpretação clássica dos gregos, sob um caráter estético; dos romanos, sob um caráter estético-funcional; e dos japoneses, sob um caráter funcional (ROSSO, 1976).

#### 2.1.1 Os gregos

A proporção dos elementos das ordens gregas era a expressão da beleza e da harmonia (CHING, 1998). Para a unidade básica das dimensões era utilizado o diâmetro da coluna. A partir desse módulo, criavam-se to-

das as demais dimensões, não só da própria coluna - como o fuste, o capitel e a base -, mas de todas as demais dimensões da obra arquitetônica.

Também o espaço entre as colunas estava baseado no diâmetro delas, e a distância entre as colunas da esquina das edificações gregas é, segundo Nissen

(1976), um excelente exemplo do conflito entre ritmo arquitetônico e exigências estruturais. Na arquitetura grega, o vão da esquina era menor em relação aos demais vãos para que os componentes “pré-fabricados” se mantivessem com a mesma dimensão daqueles existentes nos outros vãos.

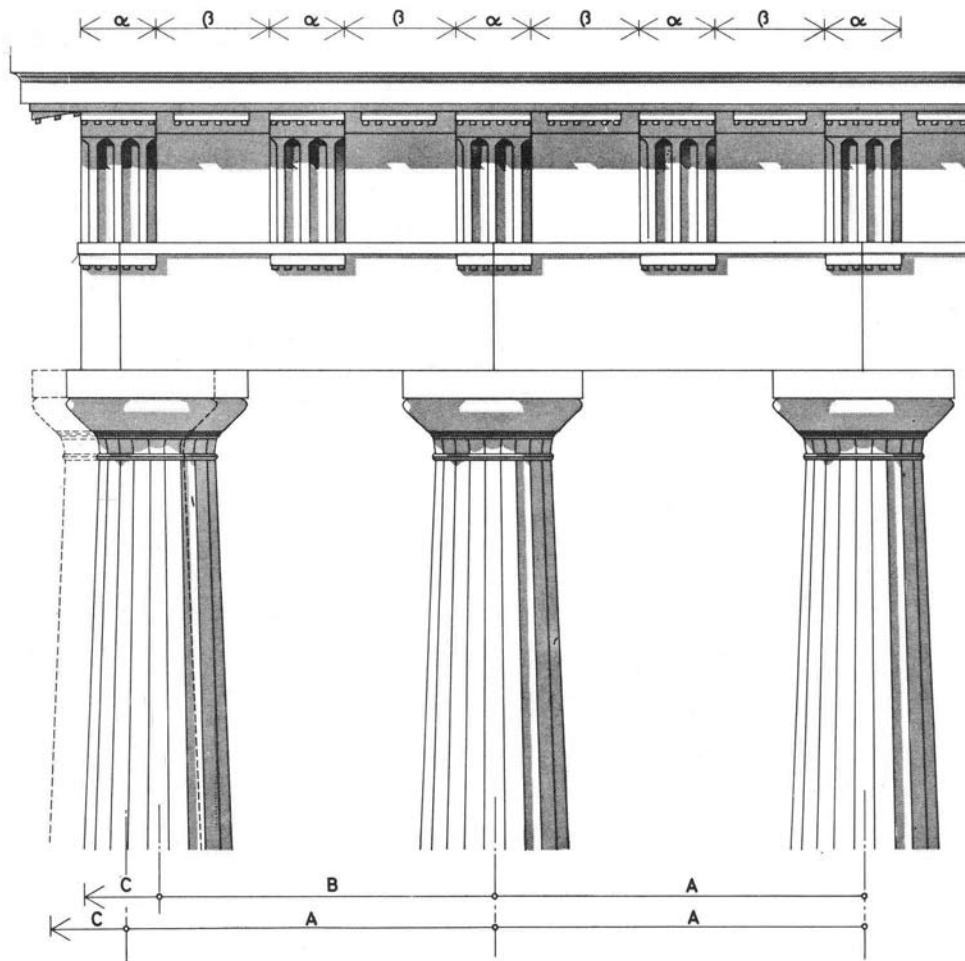


Figura 1 - Vãos normais e de esquina na arquitetura grega (NISSEN, 1976)



Com base nesse princípio, os frisos e as vigas mantinham a mesma dimensão ao longo de toda a fachada, inclusive nos vãos das esquinas. A Figura 1 mostra que o vão menor, “B”, rompe o ritmo exato dos vãos “A”, mantendo, dessa forma, as dimensões dos frisos e vigas iguais. O vão normal é o “A”, e o de esquina é o “B”. A linha tracejada mostra onde a coluna deveria estar posicionada se os vãos “A” e “B” fossem iguais.

Ainda contemplando essa questão estética da arquitetura grega, a Figura 2 mostra uma residência de um pavimento cujas fachadas foram projetadas com o módulo de  $A = 4$  pés atenienses. Os dois tipos

de frisos (métopas e tríglifos) determinam o intervalo das colunas, que corresponde a duas peças de cada um dos frisos. Com essa composição, os vãos das esquinas é que sofrem redução de medida, tornando-se menores (NISSEN, 1976).

Mesmo sendo o diâmetro da coluna a dimensão moduladora da arquitetura grega, o tamanho das colunas variava conforme a edificação. Sendo assim, as ordens gregos - toscana, dórica, jônica, coríntia e composta - não se apoiavam em uma unidade de medida constante, mas cada uma seguia as suas proporções. Essas proporções podem ser visualizadas na Figura 3, na interpretação de Viñola (1948).

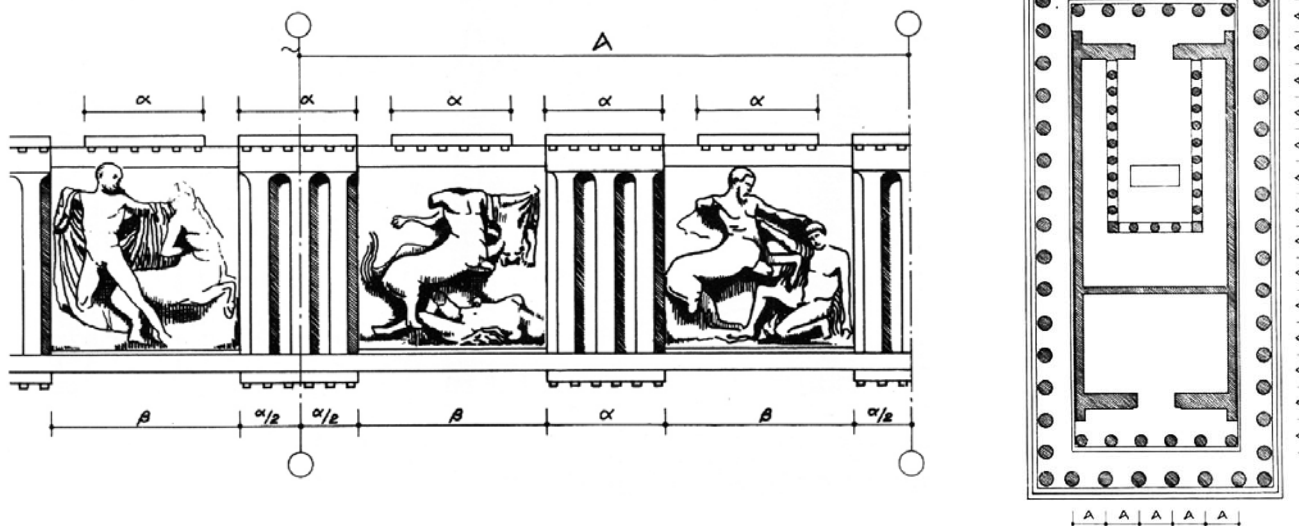
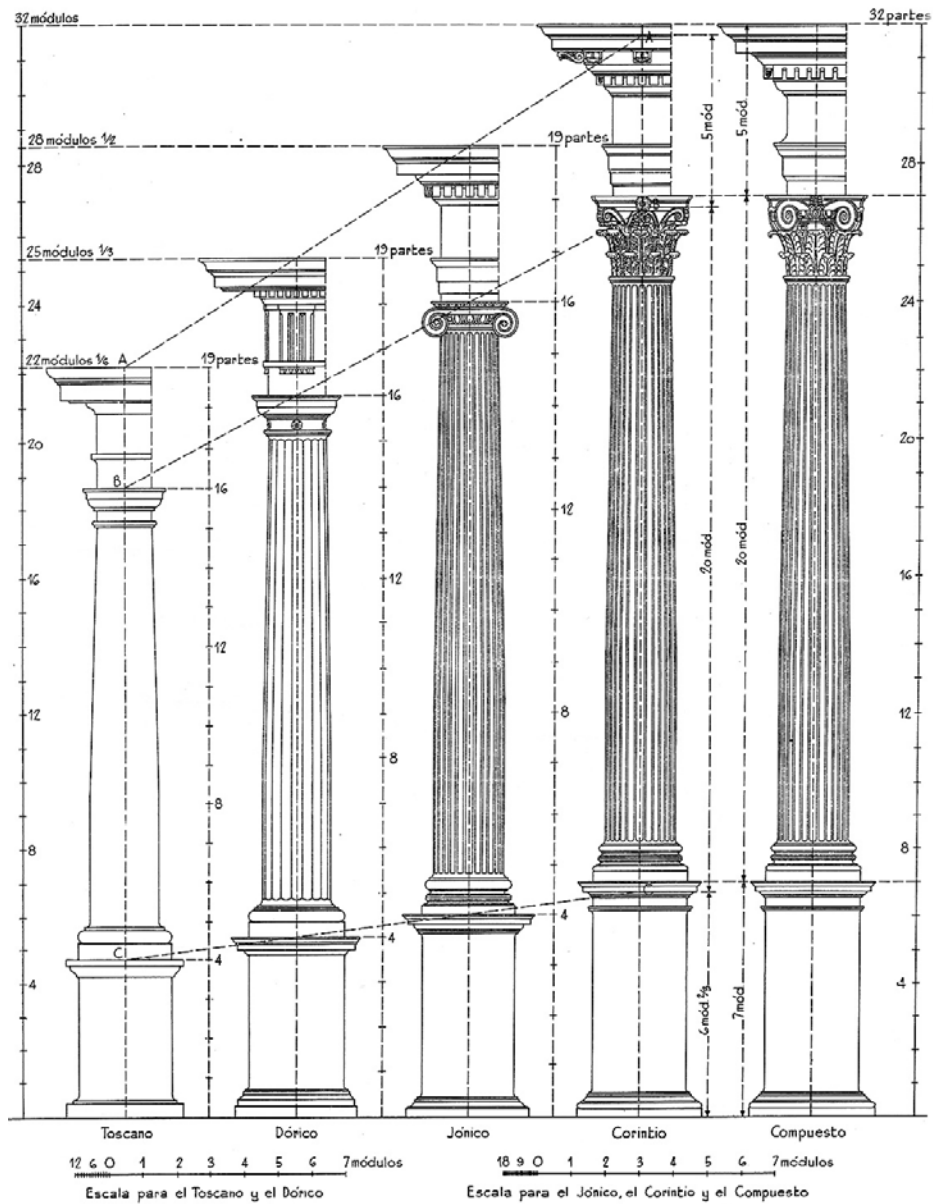


Figura 2 - Casa grega de um pavimento, do ano de 448 a.C. (NISSEN, 1976)



PARALELO EXPLICATIVO DE LOS CINCO ORDENES DE ARQUITECTURA SEGUN VIOLA  
y de sus relaciones proporcionales entre sí

5

Figura 3 – As ordens gregas segundo Viñola (VIÑOLA, 1948)

### 2.1.2 Os romanos

Na civilização romana, o planejamento das cidades e o projeto dos edifícios obedeciam a um reticulado modular baseado no *passus* romano, que era múltiplo do *pes*, uma unidade de medida antropométrica. Além de as composições estarem baseadas em um módulo antropométrico, os romanos, povo de caráter essencialmente prático, tinham conseguido padronizar seus tijolos em dois tipos universais: o *bipetalis* e o *sesquipetalis* (ROSSO, 1976).

Exemplo do planejamento das cidades é o traçado da cidade de Emona, baseado em um módulo de 60 *passus*, originando um reticulado de 360 *passus* x 300 *passus*, dando à cidade uma proporção de 6:5. Na Figura 4 pode ser visualizada a malha pela qual a cidade de Emona, hoje Liubliana, na Eslovênia, se organizava.

Os romanos ainda serviram-se do módulo para estabelecer medidas tanto de componentes construtivos – como tubos cerâmicos, telhas, tijolos, colunas e ladrilhos – quanto de utensílios domésticos, como ânforas, copos e pratos.

Conforme o Noticiário da Coordenação Modular, as pesquisas arqueológicas do professor iugoslavo Tine Kurent mostraram que os romanos utilizavam componentes padronizados e modulados. O que

mais chamou a atenção de Kurent foi o fato de os componentes terem medidas de fabricação correspondentes a uma modulação que já levava em conta a espessura das juntas ou a sobreposição das peças (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOWCENTRUM, 1972).

Mas a propriedade mais importante das séries dimensionais romanas no que diz respeito à composição consiste, segundo Kurent, no que Vitruvius, arquiteto romano do século I a.C., chamava de *ratio symetriorum*<sup>2</sup>: os tamanhos modulares dos componentes construtivos romanos eram pequenos múltiplos de várias unidades padrão. Portanto, também as composições de componentes romanos eram somas e múltiplos de várias unidades padrão de medidas, mas nenhuma unidade padrão constituía um módulo-base, ou um submódulo, ou um multimódulo (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOWCENTRUM, 1972).

A Figura 5 mostra como as medidas modulares romanas para componentes construtivos e seus incrementos eram idênticas a pequenos múltiplos inteiros de uma medida padrão romana. Todas as unidades romanas podiam ser usadas como módulos de acordo com as circunstâncias (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOWCENTRUM, 1972).

<sup>2</sup> Essa simetria era entendida por Vitruvius como a relação matemática estável das partes entre si e de cada parte com o todo (WITTKOWER, 1995).

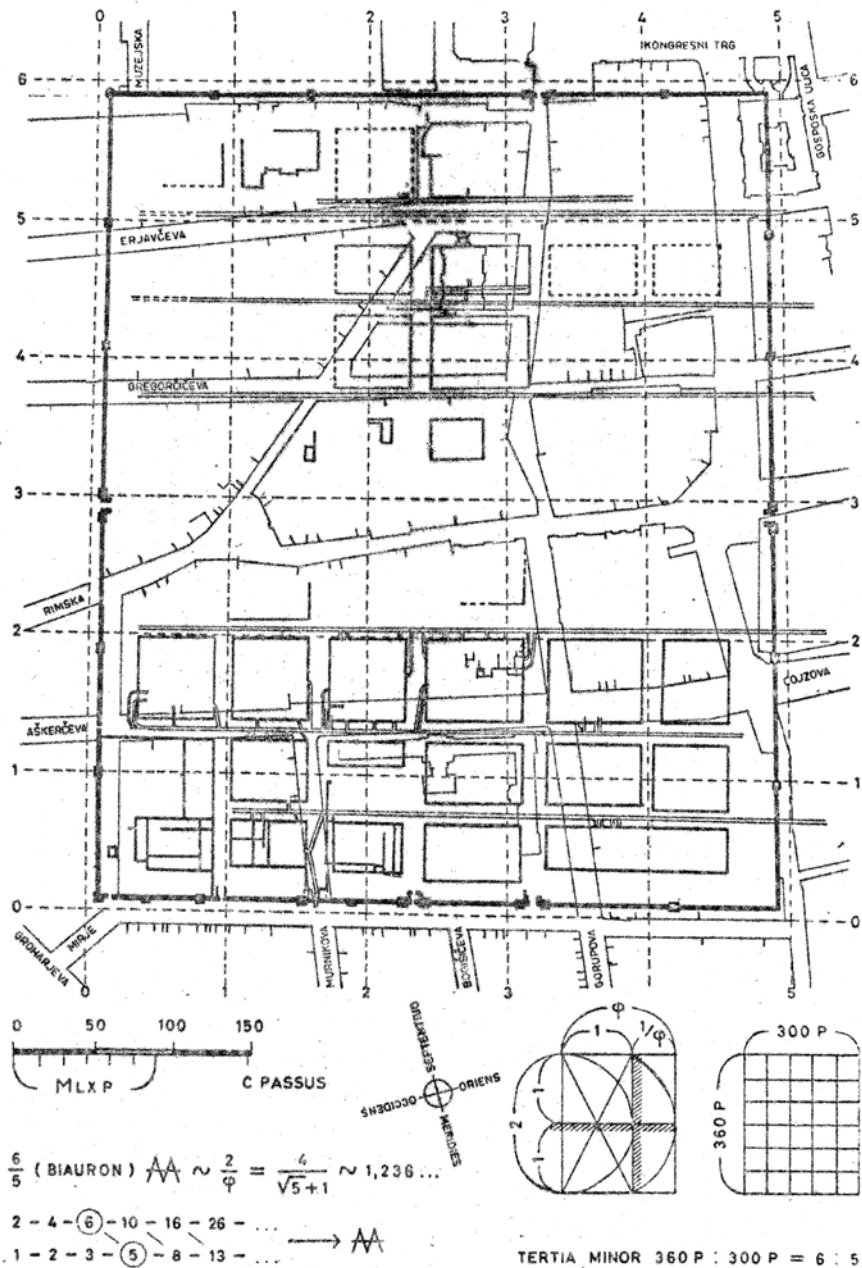


Figura 4 - Cidade de Emona (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1972)

Componentes	Dimensões
Tubo cerâmico para água	Comprimento modular: 1 <i>gradu</i> (passo)
<i>Tegula</i> (telha)	Comprimento e largura modulares: 1 <i>cubitu</i> (osso longo situado na face interna do antebraço) = 6 <i>palmi</i> (palma: porção da mão entre o punho e os dedos)
Imbrex	Comprimento modular: 1 <i>cubitu</i> = 6 <i>palmi</i>
Laje de tijolos para <i>hypocaustu</i> (sistema de calefação)	Comprimento e largura modulares: 1 <i>bipedalis</i> (2 pés) = 8 <i>palmi</i>
Pequena coluna de pedra para <i>hypocaustu</i>	Largura modular: 1 <i>semis</i> = 2 <i>palmi</i> Altura modular: 2 <i>pedes</i> = 8 <i>palmi</i>
Tijolo <i>lydica</i>	Largura modular: 1 <i>pes</i> = 4 <i>palmi</i> Altura modular: 1 <i>palmus</i> Comprimento modular: 1 <i>cubitu</i> = 6 <i>palmi</i>
Vários ladrilhos quadrados para pisos	Áreas modulares = 1 <i>cubitu</i> quadrado ou 1 <i>pes</i> quadrado ou 1 <i>bes</i> quadrado
Vários ladrilhos hexagonais	Largura modular: 1 <i>bes</i> ou 1 <i>triens</i> ou 2 <i>unciae</i> (polegadas)
Pequenas pedras e tijolos para mosaicos de pisos	Espaço modular: 1 <i>uncia</i> cúbica ou 1 <i>semiuncia</i> cúbica ou 1 <i>silicus</i> (rocha) cúbico

Figura 5 - As medidas modulares romanas (BALDAUF, 2004 baseado em CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1972)

Dessa forma, os romanos aplicaram uma modulação flexível desde o pequeno componente até a grande cidade (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1972).

### 2.1.3 Os japoneses

A unidade clássica de medida japonesa, o *shaku*, tem origem chinesa. Praticamente equivale ao pé inglês e é divisível em unidades decimais. Durante a segunda metade da Idade Média, no Japão, implantou-se outra medida, o *ken*. Ainda que no início

só fosse utilizado para desenhar a separação entre duas colunas e não apresentasse uma dimensão fixa, logo foi normalizado para ser aplicado na arquitetura residencial. O *ken* passou a ser uma medida absoluta (CHING, 1998) não só para a construção de edifícios, tendo evoluído até se tornar um módulo que regia toda a estrutura, os materiais e os espaços da arquitetura japonesa.

Com a trama modular do *ken*, instauraram-se dois métodos de projeto. No primeiro, o método *inaka-ma*, a trama do *ken* (que passou a ser 6 *shaku*)

determinava a separação entre os eixos das colunas. Por consequência, o tradicional tatame (3 x 6 *shaku* ou  $\frac{1}{2}$  x 1 *ken*) variava ligeiramente, tendo em conta o diâmetro da coluna (CHING, 1998).

No método *kýo-ma*, o tatame tinha dimensões constantes (3,15 x 6,30 *shaku*) e o entre-colunas (módulo *ken*) oscilava entre 6,4 e 6,7 *shaku* (CHING, 1998).

O tatame, por ser usado em todos os locais internos, levou à necessidade de os espaços serem dimensionados de forma a poder receber, no piso, um número inteiro de tatames, dando à modulação um caráter prático-funcional (ROSSO, 1976). As medidas de uma habitação eram expressas pelo número de tatames utilizados. No princípio, a dimensão do tatame era a que permitia que duas pessoas estivessem

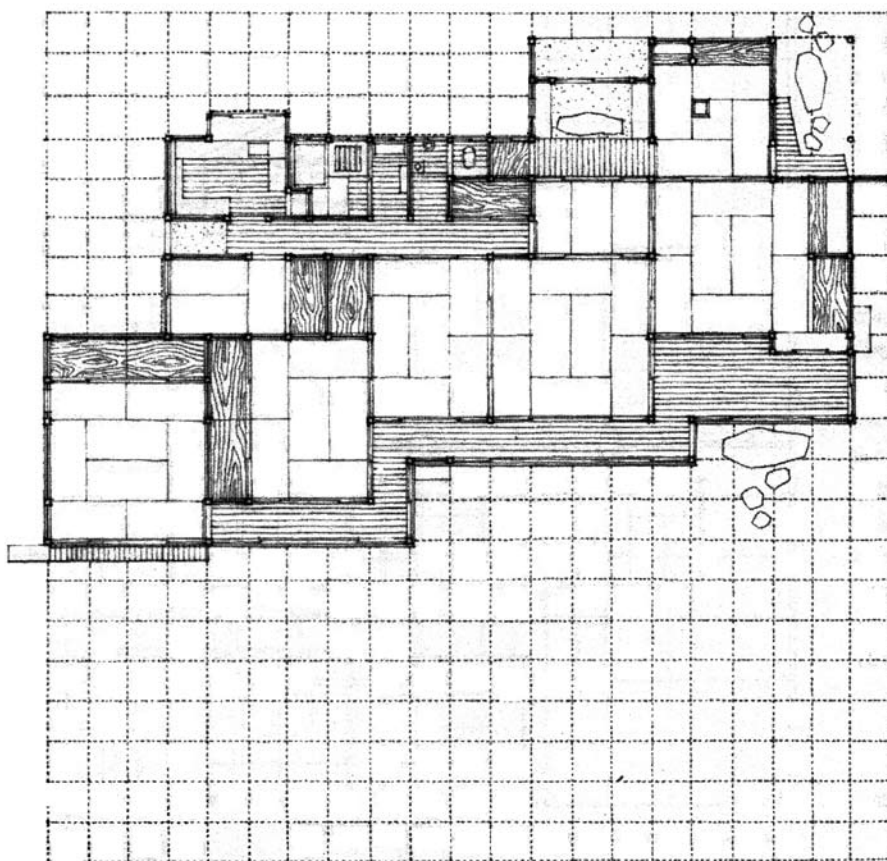


Figura 6 - Residência típica japonesa (CHING, 2002)

comodamente sentadas, ou somente uma dormindo. Mas, conforme a trama *ken* se desenvolveu, o tatame perdeu sua dependência das dimensões humanas e se perderam também as necessidades de um sistema estrutural e de separação entre colunas baseados nessa modulação (CHING, 1998).

Em função de sua modulação 1:2, os tatames podiam ser distribuídos em um grande número de posições para qualquer dimensão de habitação, e para cada uma delas se fixava uma altura de teto que se calculava a partir da seguinte igualdade: altura de teto = número de tatames x 0,3 (CHING, 1998).

Em uma casa tipicamente japonesa, a trama *ken* regia a estrutura e a seqüência aditiva, de espaço a espaço, das diferentes habitações. A Figura 6 mostra uma residência típica japonesa, onde as medidas do módulo, relativamente pequeno, possibilitavam a disposição de espaços retangulares, de maneira totalmente livre segundo modelos lineares, agrupados ou arbitrários (CHING, 1998).

## 2.2 Revolução Industrial

O desenvolvimento das estradas de ferro teve influência direta sobre a construção, por um lado permitindo desvincular a construção dos materiais de proveniência local e, por outro, agindo na formação da rede urbana. O transporte de matérias e materiais para a construção adquire maior difusão quando o transporte ferroviário assume o papel do transporte de passageiros e deixa o transporte fluvial livre para os materiais pesados, desvinculando

a dependência da construção do uso de materiais locais (GRISOTTI, 1965).

Nesse panorama da evolução dos transportes, a história da arquitetura moderna confunde-se com a história da industrialização, pois a necessidade de edifícios industriais maiores e mais resistentes, edifícios públicos, portos e armazéns solicitaram o uso de novos materiais, como o ferro fundido e o vidro, dando forma à arquitetura que é reconhecida como a arquitetura moderna. “O ferro e o vidro constituíram materiais de construção há muitos séculos, mas são considerados novos na medida em que os progressos industriais permitiram sua produção em grande quantidade e estenderam sua aplicação à maioria dos edifícios” (BRUNA, 1976). Os pavilhões para as exposições internacionais foram as edificações que inicialmente mais utilizaram o ferro e o vidro, como resultado dos progressos industriais de que fala Bruna.

### 2.2.1 Do módulo à Coordenação Modular

Considera-se como primeira aplicação da Coordenação Modular o Palácio de Cristal, projetado por Joseph Paxton e construído entre 1850 e 1851 para a Exposição Universal de Londres. “A partir de então, arquitetos e engenheiros de várias escolas e nacionalidades, sensíveis às modificações provocadas pela industrialização crescente e pela produção em massa, começaram a submeter o processo arquitetônico a um profundo trabalho de revisão para colocar os recursos da industrialização a serviço de uma nova revolução, a social, cujos anseios deveriam ser satisfeitos” (ROSSO, 1976).

A primeira exposição industrial internacional foi realizada no Hyde Park, em Londres, e inaugurada em maio de 1851. A comissão organizadora patrocinou um concurso internacional cujo primeiro lugar foi ganho pelo arquiteto francês Hector Houreau (GÖSSEL; LEUTHÄUSER, 1991). O projeto foi recusado, pois o comitê da exposição queria uma edificação que pudesse ser desmontada e na qual fossem empregados componentes pequenos e reutilizáveis. Em função disso, o comitê de construção da Exposição iniciou seu próprio projeto, obra do engenheiro Brunel e do arquiteto Donaldson. O projeto resultante, uma espécie de superestação de estrada de ferro, era impraticável, uma vez que deveria ser construído em ferro num prazo muito curto: menos de nove meses (BRUNA, 1976). Já estava sendo elaborada uma concorrência para a execução desse projeto quando Joseph Paxton apresentou um estudo baseado nas suas experiências adquiridas com outros projetos. A concorrência foi ganha, e a edificação executada dentro do orçamento previsto e no incrível prazo de nove meses (HITCHCOCK apud BRUNA, 1976). Isso foi possível graças ao rigoroso estudo e detalhamento feito pelos engenheiros Charles Fox e Henderson, seu sócio, de todos os elementos da construção, do método de produção, do sistema de montagem, do tempo de construção e do rigoroso controle dos custos. Os elementos utilizados foram projetados para ser produzidos em massa, com as técnicas de fundição existentes na época, permitindo sua montagem e desmontagem (BRUNA, 1976).

O pavilhão de 71.500 m<sup>2</sup> foi totalmente construído com componentes pré-fabricados produzidos e montados no próprio canteiro. O elemento condicionador da escolha do módulo foi o vidro, aplicado em grandes placas, cuja medida máxima de fabricação era de 8 pés (cerca de 240 cm) (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970a), dimensão esta que determinou o reticulado da malha. Os múltiplos do módulo (24, 48, 72 pés - cerca de 720 cm, 1.440 cm, 2.160 cm, respectivamente) determinaram as posições e as dimensões de todas as peças (GÖSSEL; LEUTHÄUSER, 1991).

Uma foto do Palácio de Cristal, após sua reconstrução em 1854, na cidade de Sydenham, é mostrada na Figura 7.



Figura 7 - Palácio de Cristal (GÖSSEL; LEUTHÄUSER, 1991)



Construtivamente, o Palácio de Cristal representa uma síntese de componentes estudados separadamente e coordenados entre si por uma rede modular; o espaço resultante da somatória de elementos padronizados e industrializados era o fruto perfeito da tecnologia empregada e do estudo racional dos vínculos, dos limites econômicos e de tempo, dos condicionantes técnicos de produção e montagem. O Palácio de Cristal, na sua integridade de obra-de-arte, exprime a essência do próprio tempo, antecipando em cem anos a problemática que os arquitetos e engenheiros do pós-guerra na Europa deveriam enfrentar com a industrialização da construção (BRUNA, 1976), como a substituição da dimensão métrica pela dimensão modular, a produção padronizada dos componentes e também a consideração das necessidades econômicas, funcionais e técnicas.

Em poucos anos, inúmeras estruturas semelhantes ao Palácio de Cristal foram erguidas em todo o mundo. Apesar disso, Bruna (1976) coloca que é difícil, à primeira vista, compreender por que a pré-fabricação, que parecia uma conquista aceita e largamente difundida, foi abandonada na segunda metade do século para ser retomada somente quase um século depois.

## 2.3 Século XX

Com a industrialização que se processou em vários setores no século XX, a construção civil também não poderia deixar de passar por uma profunda revisão. Imbuídos pelo espírito dessa industrialização, não mais passível de uma regressão, profissionais da área iniciaram vários estudos a respeito da pré-fabricação e, conseqüentemente, da Coordenação Modular: a padronização dos componentes era necessária de qualquer maneira. Não era mais possível suportar os altos custos e os longos períodos de obras (CHEMILLIER, 1980).

Em 1921, o arquiteto Le Corbusier<sup>3</sup> declarou que era preciso que as casas fossem produzidas em série, em fábricas, com linhas de montagem como a Ford montava seus automóveis (CHEMILLIER, 1980).

O arquiteto alemão Walter Gropius, na visão de Rosso (1976), é quem antecipa os tempos e as fases da Coordenação Modular. Gropius projetou e construiu duas casas isoladas: a do bairro operário *Weissenhof*<sup>4</sup> (Figura 8), em 1927, e a “Casa Ampliável”, em 1932. Elas foram montadas a seco com componentes pré-fabricados: estrutura metálica e vedação com painéis de cortiça revestidos externamente com ci-

<sup>3</sup> Le Corbusier nasceu na Suíça sob o nome de Charles-Edouard Jeanneret-Gris. Em 1917, mudou-se para Paris e adotou o pseudônimo de Le Corbusier.

<sup>4</sup> Esse bairro foi criado na cidade de Stuttgart; onze arquitetos participaram dos projetos das residências, nas quais puderam mostrar a “nova” arquitetura: a moderna.

mento amianto. Na casa de *Weissenhof*, a planta era modular, e na “Casa Ampliável”, Gropius obtinha o crescimento da edificação por adição de alguns corpos volumétricos. Para Grisotti (1965), essas casas eram, até então, os exemplos, em termos tecnológicos, mais aprofundados sobre os estudos de modulação, pois nelas a escolha do módulo teve uma precisa justificação técnico-produtiva. Além disso, foram realizados a Coordenação Modular em três dimensões, a indicação das juntas, o estudo das esquadrias e dos equipamentos fixos, dimensionalmente coordenados com a malha de referência, as pro-



Figura 8 - Vista do bairro operário Weissenhof (BIERMANN et al., 2003)

cupações com os tempos e custos de montagem. Tudo isso demonstrava a qual grau de profundidade havia chegado a pesquisa de Gropius, seja no nível teórico, seja no estudo tecnológico dos materiais e dos processos de fabricação.

Mas o primeiro que desenvolveu a possibilidade de utilizar um módulo para os propósitos da indústria moderna foi Alfred Farwell Bemis (CAPO-RIONI; GARLATTI; TENCA-MONTINI, 1971), industrial de Boston que, a partir de 1930, originou os primeiros estudos de uma nova técnica de construção, a qual denominou de “método modular cúbico”. Esses estudos foram apresentados em 1936, no terceiro volume de *Rational Design* de sua obra *The evolving house* (A transformação da casa), quando expõe os fundamentos de uma teoria da Coordenação Modular, resumida no axioma pelo qual “todos os objetos que satisfaçam à condição de possuírem dimensões múltiplas de uma medida comum, são comensuráveis entre si e, portanto, também o são em relação à construção, que integrados passam a formar” (ROSSO, 1976). O *cubical method of design* por ele concebido, embora sob alguns aspectos passível de críticas, pode ser considerado a primeira formulação correta de uma teoria da aplicação do módulo-objeto<sup>5</sup>, voltada para as necessidades da industrialização (ROSSO, 1976).

<sup>5</sup> Módulo aplicado à industrialização (ROSSO, 1976).

Bemis indicou 4 polegadas como dimensão do módulo, pois acreditava ser essa o mais racional. A mesma dimensão já tinha sido recomendada pelo engenheiro americano Fred Head, em 1925, porque daria uma flexibilidade adequada e estava relacionada com a dimensão utilizada nos estudos das casas de madeira americanas. As idéias de Bemis tiveram repercussão nos primeiros estudos realizados sobre Coordenação Modular na Europa e nos Estados Unidos (LISBOA, 1970).

Em 1938, dois anos após a morte de Bemis, a American Standard Association (ASA) iniciou um estudo para coordenar o dimensionamento dos componentes da construção. Quase no mesmo período, na França, iniciaram-se estudos semelhantes que, em 1942, apresentados à Associação Francesa para a Normalização (AFNOR), se tornaram projeto de norma e, a seguir, norma fundamental sobre o tema. A França foi o primeiro país a ter uma norma de Coordenação Modular de caráter nacional. A ela seguiram-se os Estados Unidos, que publicaram sua primeira norma em 1945, a Suécia, em 1946, e a Bélgica, em 1948 (LISBOA, 1970).

Em 1941, Gropius e o também arquiteto alemão Konrad Wachsmann projetaram um sistema de pré-fabricação para a *General Panel Corporation*, empresa americana que passou a produzi-lo industrialmente. O sistema tinha em vista a utilização de painéis de madeira através da aplicação de um malha modular de 3 pés e 4 polegadas, articulados mediante o uso de uma junta universal.

Ainda durante a Segunda Guerra, um estudo realmente sistemático e completo do assunto é realizado pelo alemão Ernst Neufert. Na época, a Alemanha estava pressionada pelos graves problemas bélicos, e Neufert, antecipando os problemas futuros de reconstrução, concebeu e articulou no seu livro *Bauordnungslehre*, publicado em 1943, um sistema de coordenação octamétrica (100 cm/8), baseado no módulo de 12,5 cm. Neufert preocupou-se principalmente em conceber um sistema dimensional que não alterasse substancialmente as medidas dos tijolos tradicionais alemães (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1971a).

Os estudos de Neufert foram tão importantes que a primeira norma alemã sobre Coordenação Modular, a DIN 4172, foi extraída dos seus trabalhos e publicada em 1951. Desde então até 1965, 4.400.000 habitações foram construídas na Alemanha obedecendo ao sistema octamétrico, o equivalente a mais de 50% de todas as construções realizadas nesse período no país (ROSSO, 1976). Além disso, calculava-se que, em 1970, eram produzidos em dimensões octamétricas 90% dos blocos sílico-calcários, 90% dos blocos de concreto leve, 89% das lajes mistas pré-fabricados, 75% dos caixilhos, 100% das chapas de fibrocimento e 65% das estruturas pré-fabricadas (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970a). Apesar de o sistema octamétrico ter sofrido várias objeções, principalmente em função do módulo decimétrico, opção da maioria dos países, os resultados obtidos com o seu uso comprovaram a viabilidade e a eficiência da utilização da Coordenação Modular.

Diante da norma recém-publicada na França, e preocupado com os rumos da composição harmônica na arquitetura, Le Corbusier passa a estudar, a partir de 1942, um sistema de proporcionalidade que adequasse as medidas antropomórficas àsquelas necessárias à produção industrial (PADOVAN, 1999). Para que atin-

gisse tal objetivo, Le Corbusier fundamentou *Le Modulor*, publicado em 1948, na matemática, utilizando as dimensões estéticas da seção áurea<sup>6</sup> e da série de Fibonacci<sup>7</sup>, e nas proporções do corpo humano, através das dimensões funcionais (CHING, 1998). Em 1954, publicou o segundo volume: *Le Modulor II*.

Ainda durante a guerra, Bergvall e Dahlberg, na Suécia, estudaram a Coordenação Modular tomando o módulo de 10 cm como base, enquanto na América do Norte era o de 4 polegadas (10,06 cm).

A partir do final da Segunda Guerra Mundial, os trabalhos de todos esses precursores passaram a ser encarados com mais atenção, uma vez que os problemas habitacionais decorrentes da Guerra iriam exigir o desenvolvimento de novos métodos construtivos, quando os estudos e a aplicação da Coordenação Modular assumiram, então, um caráter universal, sendo conduzidos em nível de cooperação internacional (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOWCENTRUM, 1970a).

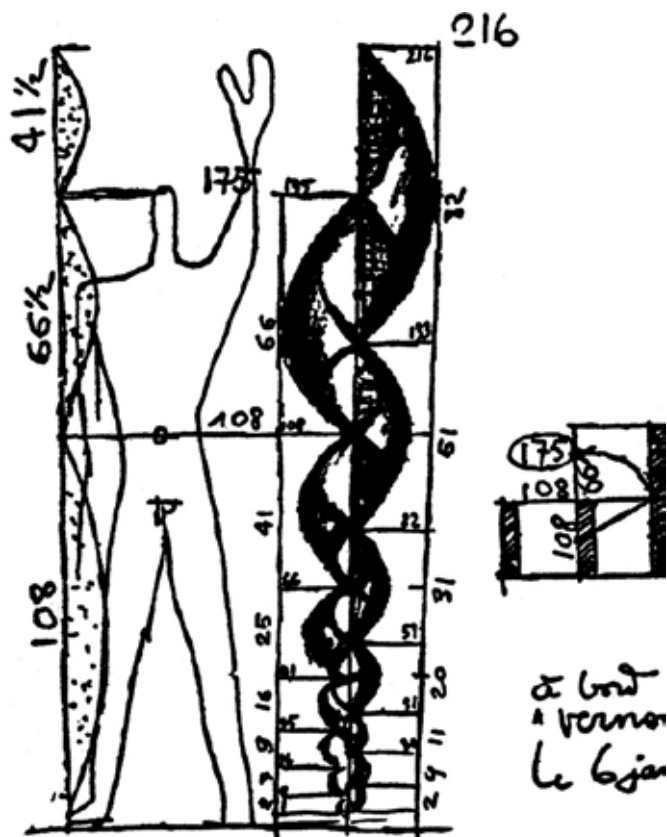


Figura 9 - Le Modulor (LE CORBUSIER, 1953)

<sup>6</sup> A seção áurea, observada e estudada pela escola grega de Pitágoras, algebricamente se expressa segundo a equação  $a/b = b/a+b$ . O valor numérico dessa razão é  $\phi$ : 1,618..., chamado número de ouro. Ele aparece em muitas relações do corpo humano, como a razão entre a altura de uma pessoa e a distância do umbigo aos pés, por exemplo, e foi amplamente utilizado na arquitetura.

<sup>7</sup> Leonardo Fibonacci, matemático italiano, escreveu, em 1202, *Liber Abacci*, no qual estuda o então denominado "problema dos pares de coelhos", para saber quantos coelhos poderiam ser gerados de um par de coelhos em um ano. Esse estudo chegou a uma seqüência numérica chamada série de Fibonacci: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, ..., em que, somando-se o 1º com o 2º números, obtém-se o 3º; somando-se o 2º com o 3º, obtém-se o 4º, e assim por diante.

Em 1949, um Comitê da International Organization for Standardization (ISO) para a edificação verificou que quase todos os países europeus e outros não europeus se dedicavam ao problema, mas, ao mesmo tempo, pouquíssimas nações optavam pelo estudo das aplicações práticas sob a forma de normalizações nacionais (CAPORIONI; GARLATTI; TENCA-MONTINI, 1971).

Em face de todas as experiências que estavam sendo realizados por diversos países, foi criada, em 1953, a Agência Européia para a Produtividade (AEP), uma filial da Organização Européia de Cooperação Econômica (OECE). Faziam parte da AEP a Alemanha, a Áustria, a Bélgica, a Dinamarca, a Espanha, a Grécia, a Holanda, a Irlanda, a Islândia, a Itália, Luxemburgo, a Noruega, Portugal, o Reino Unido, a Suécia, a Suíça e a Turquia.

A AEP verificou então que as maiores vantagens da utilização da Coordenação Modular somente seriam alcançadas com a realização de um estudo metódico em âmbito internacional. Fixada essa necessidade de cooperação internacional, a AEP decidiu organizar um plano especial para o estudo da Coordenação Modular, iniciado em 1953. Participaram desse estudo onze países europeus (Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, França, Grécia, Itália, Noruega, Holanda, Grã-Bretanha e Suécia) e mais o Canadá e os Estados Unidos. O plano foi dividido em duas fases: na primeira, foram recolhidas as opiniões e as experiências de cada um dos países, a partir das quais foi formulada uma teoria sintética da Coordenação Modular; e, na segunda, passaram à

aplicação prática dessa teoria, a fim de comprová-la e de desenvolvê-la.

Em agosto de 1955, na convenção realizada pela AEP em Munique, foram estabelecidos os requisitos para a adoção da medida correspondente ao módulo-base. Os estudos realizados pela AEP demonstraram que esses requisitos - em parte contraditórios (CAPORIONI; GARLATTI; TENCA-MONTINI, 1971), pelos limitados conhecimentos da época - seriam, pelo menos em tese, satisfeitos pelos módulos 10 cm ou 4 polegadas, como os que melhor se adaptavam às exigências.

Para cumprir as resoluções fixadas pela AEP, foi construído, em cada país, determinado número de edifícios que caracterizavam e comprovavam a aplicação prática dos princípios enunciados. Dessa maneira, a teoria modular foi completada com investigações práticas e discussões teóricas, baseadas nos experimentos desenvolvidos em cada um dos países que aderiram ao projeto, com a intenção de definir melhor o sistema modular.

Em 1957, foi realizada uma votação pelo subcomitê TC-59 da ISO, que aprovou oficialmente a adoção da medida de 10 cm ou 4 polegadas como módulos-base, módulos já estabelecidos na reunião de agosto de 1955 (BUSSAT, 1963). Na mesma reunião, foram criados pelo subcomitê TC-59 três grupos de trabalho: o primeiro, para a terminologia; o segundo, para as tolerâncias da Coordenação Modular, e o terceiro, para as dimensões modulares.

Outros países participantes do projeto, como Áustria, Dinamarca, Grécia e Holanda, ou simples observadores, como Estados Unidos, no final de 1957, já haviam adotado os módulos propostos. O módulo decimétrico foi admitido espontaneamente também na URSS, na Índia, na Polônia, no Japão, na Iugoslávia e em alguns países da América do Sul. Também alguns países da África meridional estudaram a possibilidade de utilizar o módulo de 4 polegadas.

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

Em 1960, constituiu-se o International Modular Group (IMG), entidade que absorveu os grupos de trabalho da AEP, do COMECON (órgão econômico dos países socialistas da Europa Oriental) e do comitê ISO TC-59, e que passou a integrar o Conseil International du Bâtiment *pour la recherche l'étude et la documentation* (CIB) (ROSSO, 1976).

A AEP publicou em 1961 os resultados da construção dos projetos experimentais realizados nos países participantes (ROSSO, 1976). Desde então, com exceção da Alemanha, que debatia na época as vantagens da aceitação do módulo octamétrico (12,5 cm) ou do decimétrico (10 cm), e da Inglaterra (4 polegadas), não houve oposição na Europa à adoção do módulo de 10 cm. Dos países membros da ISO, na época, 31 haviam adotado o módulo decimétrico, enquanto o Canadá e os Estados Unidos normalizaram o módulo em 4 polegadas. O trabalho desenvolvido nessa fase não teve somente como objetivo resolver

os dois problemas fundamentais que permaneceram insolúveis desde a primeira fase (as escolhas do módulo-base e de gamas de dimensões preferenciais), mas também tratar de assuntos tais como a utilização de dimensões inferiores ao módulo e a adaptabilidade dos materiais a um sistema modular único, assim como a teoria das tolerâncias, entre outros problemas de aplicação.

A Figura 10 mostra uma lista de países, apresentados na ordem cronológica em que publicaram sua primeira norma sobre Coordenação Modular, e o módulo que haviam adotado.

Em 1970, é publicado, na Austrália, o *Modular Metric Handbook* 1970, como forma de solucionar os problemas decorrentes da mudança do sistema nacional de medidas pé/polegada para o métrico. O manual foi preparado por uma firma local de planejamento para a Australian Modular Society, com o objetivo de facilitar a aplicação do sistema de coordenação decimétrica, em detrimento do sistema de modulação de 4 polegadas (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970b). Ainda segundo o Centro Brasileiro da Construção Bouwcentrum (1971b), o manual estimulava, mediante a utilização da Coordenação Modular, a implantação de um sistema aberto em que os componentes provenientes de fabricantes diferentes pudessem ser usados concomitantemente em um mesmo edifício, excluindo, por outro lado, o sistema fechado, que utiliza componentes especialmente desenhados e fabricados para um projeto específico.

Módulo	País	Ano
França	10 cm	1942
Estados Unidos	4 polegadas	1945
Bélgica	10 cm	1948
Finlândia	10 cm	1948
Itália	10 cm	1949
Polônia	10 cm	1949
<b>Brasil</b>	<b>10 cm</b>	<b>1950</b>
Bulgária	10 cm	1951
Alemanha	12,5 cm e 10 cm	1951
Noruega	10 cm	1951
Hungria	10 cm	1951
Suécia	10 cm	1952
Portugal	10 cm	1953
União Soviética	10 cm	1954
Grécia	10 cm	1955
Romênia	10 cm	1956
Áustria	10 cm	1957
Iugoslávia	10 cm	1958
Dinamarca	10 cm	1958
Tchecoslováquia	10 cm	1960
Bielo-Rússia	10 cm	1962
Holanda	10 cm	1965
Inglaterra	4 polegadas	1966

Figura 10 - Publicação das primeiras normas de Coordenação Modular (BALDAUF, 2004 adaptado de TECHNISCHE HOCHSCHULE HANNOVER, 1967)

Em 1971, o Comitê Alemão de Normas propôs uma nova norma para a Coordenação Modular, a DIN 18000: *Modulordnung im Bauwesen* (Coordenação Modular da Construção), baseada no sistema decimétrico, de uso internacional, em detrimento do sistema octamétrico proposto por Neufert. A primeira publicação é de março de 1976; a segunda, de outubro de 1979; e a terceira, e atual versão, de maio de 1984 (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG, 1984).

Na Inglaterra, a adoção do sistema de medida métrico ocorreu em 1972 (NISSEN, 1976), apesar de a previsão inicial para a mudança ser para o ano de 1975 (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970a). Os estudos para a conversão do sistema tradicional pé/polegada para o métrico já estavam sendo realizados desde o final da década de 60. Em consequência da adoção do sistema métrico, a indústria da construção também adotaria o módulo decimétrico para a Coordenação Modular. O plano de implantação do sistema métrico revelava como resultado o fato de 30% de todas as unidades residenciais a serem construídas no Reino Unido no ano de 1970 já terem dimensões métricas (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970a).

Atualmente, as normas utilizadas na Europa estão centralizadas nas normas da ISO, com sede na cidade de Genebra, na Suíça.

# 3.



## Teoria da coordenação modular

### 3.1 Definições de Coordenação Modular

Para esta pesquisa foram destacadas algumas definições de Coordenação Modular defendidas por alguns autores.

Para Mascaró (1976), a Coordenação Modular é “um mecanismo de simplificação e inter-relação de grandezas e de objetos diferentes de procedência distinta, que devem ser unidos entre si na etapa de construção (ou montagem), com mínimas modificações ou ajustes”.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, [1975?]), em uma publicação intitulada *Síntese da Coordenação Modular*, define-a como sendo “a aplicação específica do método industrial por meio da qual se estabelece uma dependência recíproca entre produtos básicos (componentes), intermediários de série e produtos finais (edifícios), mediante o uso de uma unidade de medida comum, representada pelo módulo”. Já na NBR 5706: “Coordenação Modular da construção - procedimento”, a ABNT (1977) usa como definição “técnica que permite relacionar as medidas de projeto com as medidas modulares por meio de um reticulado espacial modular de referência”. Rosso (1976) é contrário a esta definição, pois acredita que os que a definem

como técnica vêm-na apenas como um instrumento de projeto, rigorosamente disciplinado pelo uso de retículas e quadriculas, “enquanto na verdade é uma metodologia sistemática de industrialização”.

Lucini (2001) entende por Coordenação Modular “o sistema dimensional de referência que, a partir de medidas com base em um módulo predefinido (10 cm), compatibiliza e organiza tanto a aplicação racional de técnicas construtivas como o uso de componentes em projeto e obra, sem sofrer modificações”.

A definição que se pode considerar a mais atual e abrangente, que desmistifica a Coordenação Modular do rigorosismo a que muitas vezes é associada, é dada por Greven (2000), que a define como sendo “**a ordenação dos espaços na construção civil**”.

### 3.2 Objetivos da Coordenação Modular

De uma forma bastante genérica, pode-se dizer que a Coordenação Modular tem como objetivo a racionalização da construção. Rosso (1980) define racionalização como a aplicação mais eficiente de recursos para a obtenção de um produto dotado da maior efetividade possível.

Todas as etapas do ciclo produtivo, desde a normalização, a certificação e projeto dos componentes, passando pela matéria-prima utilizada para sua fabricação, pelos projetos arquitetônico, estrutural e complementares, até a montagem e manutenção das edificações, ficam envolvidas. Dessa forma, todos os intervenientes da cadeia produtiva são responsáveis pela busca do sucesso.

Em função desse envolvimento conjunto, podem ser formulados diversos objetivos específicos, que se relacionam mutuamente, ocorrendo de forma simultânea e interligada, e são indissociáveis.

Com normas técnicas bem elaboradas seguidas por um eficiente sistema de certificação, os componentes passam por uma **padronização dimensional**, a partir da qual têm as mesmas características dimensionais, e por uma **redução da variedade de tipos**, mediante o emprego de medidas preferidas a serem escolhidas na série de medidas preferíveis. A **produção dos componentes é seriada**, e não mais sob medida. Mesmo sendo os componentes produzidos por indústrias diferentes, essas características asseguram a **intercambialidade** entre eles, pois passam a ser compatíveis entre si, em função de suas dimensões serem múltiplas do módulo decimétrico. Dessa forma, ruma-se à **industrialização aberta**<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> Forma de industrialização na qual os componentes são produzidos a partir de um módulo-base, para que sejam combinados com outros componentes, qualquer que seja o fabricante.

A padronização dos componentes, segundo Rosso (1976), ainda **viabiliza as exportações**, abrindo a possibilidade de os produtos circularem internacionalmente. Segundo o mesmo autor, essa estratégia foi usada por diversos países europeus, como Dinamarca, Espanha, França e Itália, para desenvolver as exportações e equilibrar a balança comercial. Essa questão da exportação foi ponto crucial para que países como a Alemanha, em 1971, e a Inglaterra, em 1972, se vissem obrigados a fazer modificações em suas normas e/ou sistema de medidas, a fim de se enquadrarem nos princípios utilizados em todos os demais países industrializados.

Além disso, há uma **simplificação do projeto**, tanto pelo fato de **os detalhes construtivos mais comuns já estarem solucionados** em função da própria padronização quanto pelo **estabelecimento de uma linguagem gráfica, descritiva e de especificações** que será comum a fabricantes, projetistas e construtores (LUCINI, 2001), facilitando o entendimento entre os intervenientes do processo. Isso acaba por **disponibilizar mais tempo para o profissional de projeto** abordar com mais intensidade a criatividade arquitetônica.

A Coordenação Modular promove a **construtividade**, o que significa, de forma simplificada, facilitar a etapa de execução (OLIVEIRA, 1999). A execução passa a ser uma **montagem tipificada** (LUCINI, 2001), pois utiliza componentes padronizados e intercambiáveis que não necessitam de cortes, auxiliando então na **redução do desperdício**.

Com relação aos quesitos de sustentabilidade, a Coordenação Modular **reduz o consumo de matéria-prima** e aumenta a capacidade de troca de componentes da edificação (ANGIOLETTI; GOBIN; WECKSTEIN, 1998), facilitando a sua **manutenibilidade**.

Para os fabricantes de componentes, projetistas e executores, ainda traz **agilização operacional e organizacional**, em função da **repetição de técnicas e processos e do domínio tecnológico** (OLIVEIRA, 1999). Lucini (2001) ainda aponta como vantagem o **controle eficiente de custos e de produção**.

Em resumo, tudo isso traz **aumento da produtividade** e uma conseqüente **redução de custos**, objetivos sempre buscados. Dessa forma, contribui-se para a **qualificação da indústria da construção civil**.

### 3.3 O módulo

Segundo a NBR 5706, “módulo é a distância entre dois planos consecutivos do sistema que origina o reticulado espacial modular de referência” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1977).

Também chamado de módulo-base, o módulo é universalmente representado por “M”. O módulo adotado pela maioria dos países é o decímetro (10 cm), que, desde 1950, com a publicação da NB-25R, já é adotado pelo Brasil.

Segundo a AEP (1962), o módulo desempenha três funções essenciais:

a) é o denominador comum de todas as medidas ordenadas;

b) é o incremento unitário de toda e qualquer dimensão modular, a fim de que a soma ou a diferença de duas dimensões modulares também seja modular; e

c) é um fator numérico, expresso em unidades do sistema de medida adotado ou a razão de uma progressão.

Em agosto de 1955, na convenção realizada pela AEP em Munique, foram estabelecidos cinco requisitos na adoção da medida correspondente ao módulo (CAPORIONI; GARLATTI; TENCA-MONTINI, 1971):

a) a dimensão do módulo deve ser suficientemente grande para que seja possível estabelecer uma correlação satisfatória entre as dimensões modulares dos componentes e os espaços modulares do projeto;

b) o módulo deve ser suficientemente pequeno para que seus múltiplos correspondam, com todas as dimensões de que necessitem, aos diferentes elementos da gama industrial, constituindo uma unidade conveniente de incremento de uma dimensão modular à seguinte, de modo que se reduzam ao mínimo tanto as variações a serem introduzidas nos elementos já produzidos atualmente, para adaptá-los à medida modular mais próxima, quanto as variações correspondentes dos espaços previstos no projeto;

c) será eleita como módulo a maior medida possível, a fim de proporcionar a máxima redução da variedade atual de componentes;

d) para comodidade de uso, a dimensão do módulo deve ser expressa por um número inteiro e ser caracterizada por uma relação numérica simples, com o sistema de medidas ao qual se refere; e

e) a dimensão do módulo deve ser eleita por unanimidade entre os países que pretendem adotar a Coordenação Modular e deve ser, portanto, dentro dos limites possíveis, igual para todos os países.

Na reunião realizada em Paris em junho de 1957, pelo subcomitê TC-59 da ISO, houve uma votação que aprovava oficialmente a adoção das medidas de 10 cm ou 4 polegadas como módulos-base, que já haviam sido propostos na reunião de agosto de 1955 (BUSSAT, 1963). Atualmente, o decímetro é o módulo-base adotado em todos os países do mundo, com exceção dos Estados Unidos, onde o módulo-base é 4 polegadas. O uso do decímetro como módulo-base internacional se deve ao fato de que o sistema de medidas adotado internacionalmente é o métrico, em conformidade com o Sistema Internacional de Unidades, o SI, segundo o INMETRO (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL, 2003).

### 3.4 Instrumentos da Coordenação Modular

Para que esses critérios sejam exeqüíveis, a Coordenação Modular dispõe de quatro instrumentos fundamentais que norteiam a sua estruturação:

- a) o sistema de referência;
- b) o sistema modular de medidas;
- c) o sistema de ajustes e tolerâncias (ou ajuste modular); e
- d) o sistema de números preferenciais, os quais são desenvolvidos a seguir.

#### 3.4.1 Sistema de referência

O sistema de referência é formado por pontos, linhas e planos, em relação ao qual ficam determinadas a posição e a medida de cada componente da construção, permitindo, assim, sua conjugação racional no todo ou em parte.

Nesse sistema pode-se estabelecer um plano horizontal de referência, definido por dois eixos cartesianos ortogonais  $x$  e  $y$ , e por dois planos verticais de referência, definidos pelos eixos cartesianos ortogonais  $x$ ,  $y$  e  $z$  (ROSSO, 1976). A Figura 11 mostra o ponto A, univocamente determinado no espaço a partir de suas projeções nos planos  $xy$ ,  $zx$  e  $yz$ , definindo os respectivos pontos  $x'y'$ ,  $x'z'$  e  $y'z'$ .

O sistema de referência é utilizado tanto no momento de projetar componentes ou edificações quanto no da execução (montagem) da obra, resolvendo-se, em seu traçado, as relações entre os com-

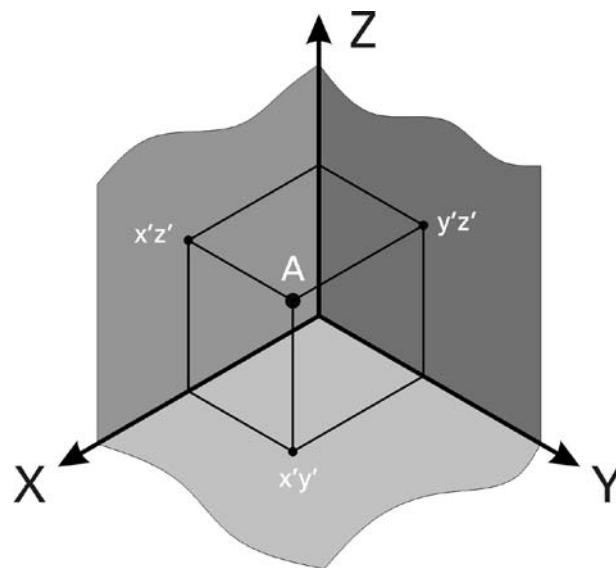


Figura 11 - Sistema de referência

ponentes adjacentes, dando a exata correspondência entre as medidas nominais dos vãos ou componentes (MASCARÓ, 1976).

O módulo gerador do sistema deve ser, então, um número inteiro em relação numérica simples com o sistema de medidas a que se refere, e sua função é a de servir como máximo denominador comum, como incremento unitário, como primeira medida das grandezas da série modular, assim como também a do intervalo dimensional base do sistema de referência. (MASCARÓ, 1976).

Dois outros elementos básicos do sistema de referência são o reticulado modular espacial de referência e o quadriculado modular de referência (ou malha modular).

### 3.4.1.1 Reticulado modular espacial de referência

O reticulado modular espacial de referência (Figura 12) é constituído pelas linhas de interseção de um sistema de planos separados entre si por uma distância igual ao módulo e paralelos a três planos ortogonais dois a dois (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1977).

O reticulado modular espacial de referência configura uma malha espacial que serve de referência, segundo Lucini (2001), para o posicionamento dos componentes da construção, das juntas e dos acabamentos. Os componentes ficam univocamente localizados na malha espacial, conforme ilustrado na Figura 13, demonstrando como a Coordenação Modular assegura a organização dos espaços na construção civil.

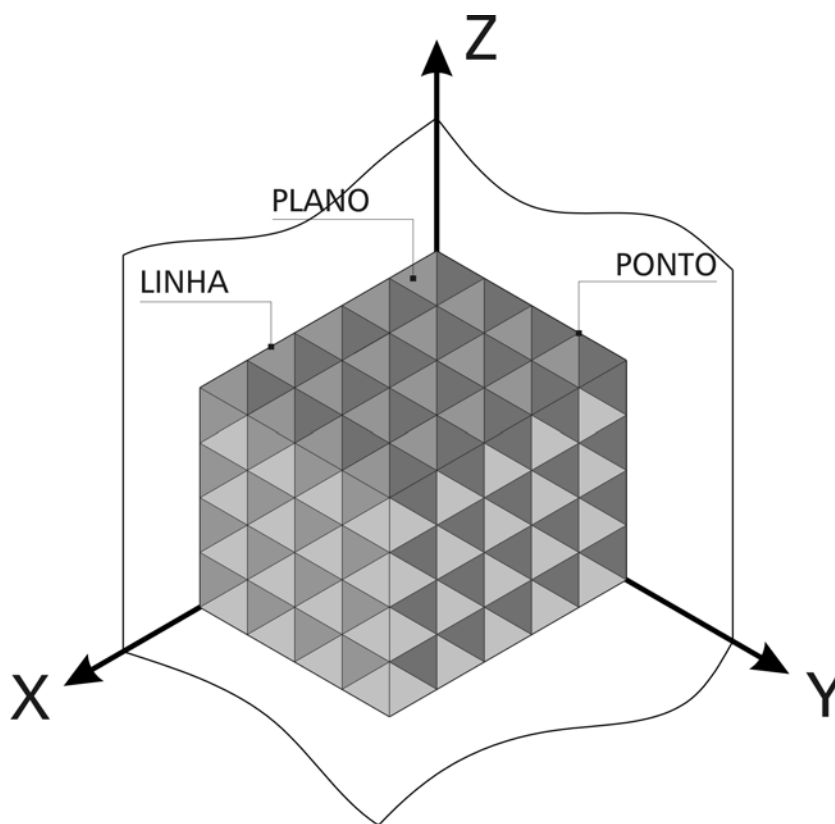


Figura 12 - Reticulado modular espacial de referência

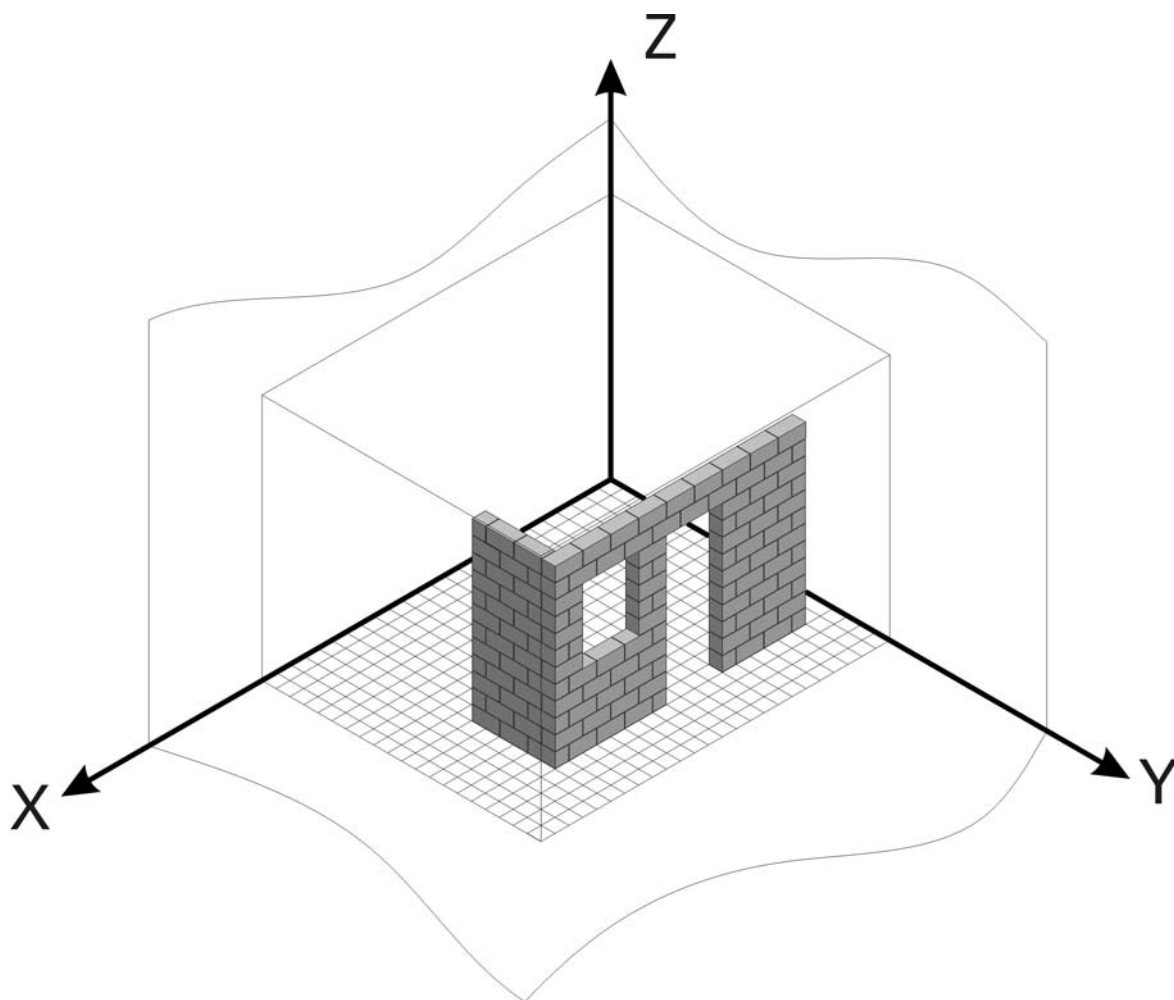


Figura 13 - Reticulado modular espacial de referência

### 3.4.1.2 Quadriculado modular de referência ou malha modular

O quadriculado modular de referência (ou malha modular) é a projeção ortogonal do reticulado espacial de referência sobre um plano paralelo a um dos três planos ortogonais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1977). Considerando-se que a representação gráfica do projeto mais usual é através das vistas ortográficas, as quais representam os objetos em duas dimensões, torna-se necessário utilizar as projeções ortogonais do reticulado modular espacial de referência.

Caporioni, Garlatti e Tenca-Montini (1971) sugerem a seguinte subdivisão em relação aos quadriculados a serem utilizados nas diversas fases do projeto:

- a) quadriculado modular propriamente dito: utilizado no projeto de componentes e detalhes;
- b) quadriculado de projeto: utilizado para a criação do projeto geral da edificação;
- c) quadriculado estrutural: utilizado para o posicionamento dos elementos estruturais; e
- d) quadriculado de obra: utilizado para a locação da edificação e dos componentes para a sua montagem.

A Figura 14 apresenta três quadriculados diferentes, para serem usados em diferentes fases do projeto: o quadriculado M, o quadriculado 3M e o quadriculado 24M. O quadriculado modular é o M, o quadriculado de projeto é o multimódulo 3M, di-

menção modular de um bloco cerâmico, por exemplo, e o quadriculado 24M é o quadriculado estrutural do projeto.

Tem-se, portanto, um reticulado espacial e quadriculados planos. Estes podem ser tanto no plano horizontal quanto no vertical, dependendo da representação a ser feita: plantas baixas ou elevações, respectivamente.

### 3.4.2 Sistema modular de medidas

O sistema modular de medidas é baseado na unidade de medida básica da Coordenação Modular, o módulo, e em alguns múltiplos inteiros ou fracionários dele. O módulo constitui o espaço entre os planos do sistema de referência em que se baseia a Coordenação Modular. Os componentes deverão ocupar espaços determinados por esses planos e a eles também deverão referir-se suas medidas.

As características do sistema modular de medidas são, segundo Mascaró (1976):

- a) conter medidas funcionais e de elementos construtivos típicos;
- b) ser aditiva em si mesma (por ser a construção um processo aditivo); e
- c) assegurar a intercambialidade das partes mediante a combinação das medidas múltiplas ou submúltiplas do módulo.

Além do módulo-base, são necessários multimódulos e submódulos.



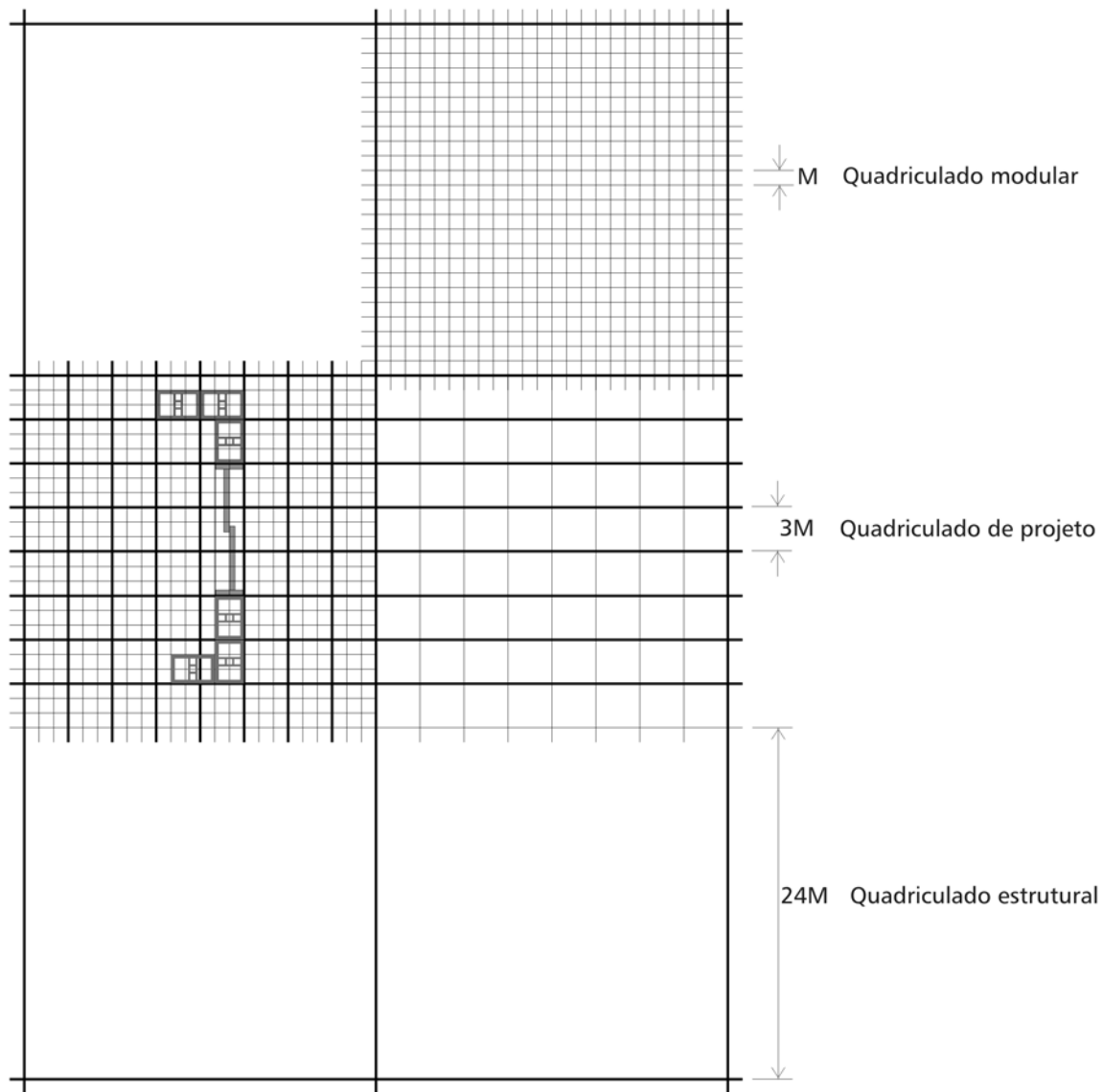


Figura 14 - Quadriculados modulares M, 3M e 24M

### 3.4.2.1 Multimódulos

Como multimódulos ( $n \times M$ , onde  $n$  é um número positivo inteiro qualquer) são recomendados: 3M, 6M, 12M, 15M, 30M e 60M, pelo IMG (ROSSO, 1976), e 12M, 15M, 30M e 60M, pela ISO (ROSSO, 1976). Para o caso do Brasil, Rosso (1976) sugere o multimódulo 2M para a coordenação altimétrica (elevações) e o 3M para a coordenação planimétrica (plantas baixas). A DIN 18000 recomenda os multimódulos 3M, 6M e 12M (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG, 1984).

### 3.4.2.2 Submódulos

Nem todos os componentes da construção podem ser fabricados segundo dimensões múltiplas do módulo, designadamente aqueles que, pela sua natureza, são obrigatoriamente inferiores ao módulo-base, como, por exemplo, espessuras de painéis e de paredes, e certos tipos de tubos e de perfis. Para resolver essa situação, é admitida a utilização de submódulos ( $M/n$ ).

Rosso (1976) propõe a adoção dos submódulos  $M/4$  (2,5 cm) e  $M/8$  (1,25 cm) para espessura de painéis, para espessura de acabamentos e para peças especiais de fechamento.

Há, no entanto, o perigo de o submódulo ser utilizado com frequência desnecessária, o que conduziria a um aumento de variedade dimensional da gama modular de produtos industriais, contrária à economia própria do sistema modular (LISBOA, 1970). Por isso, deve-se observar que:

a) o submódulo nunca deve ser empregado como módulo-base;

b) a frequência de aplicação do submódulo resultará sempre de exigências de ordem funcional e de máxima economia; e

c) quando exigências de ordem estritamente funcional determinem um dimensionamento mínimo múltiplo de um submódulo, deve-se avaliar, para cada caso, se a correção por excesso para a obtenção do multimódulo mais próximo será um encargo compatível com as vantagens econômicas obtidas pelo uso da Coordenação Modular.

### 3.4.2.3 Medida modular

A medida modular é a medida igual a um módulo ou a um múltiplo inteiro do módulo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1977) de um componente, vão ou distância entre partes da construção. A medida modular inclui o componente e a folga perimetral, necessária para absorver tanto as tolerâncias de fabricação do componente quanto a colocação em obra, de acordo com as técnicas construtivas e normas correspondentes. A medida modular garante que cada componente disponha de espaço suficiente para sua colocação em obra, sem invadir a medida modular do componente adjacente (LUCINI, 2001). Ela é representada por “ $nM$ ”, onde:

$n$  é um número positivo inteiro qualquer; e

$M$  é o módulo.

### 3.4.2.4 Medida de projeto do componente

Medida de projeto do componente é a medida determinada no projeto para qualquer componente da construção. Essa medida é sempre inferior à medida modular, pois leva em conta a tolerância de fabricação e as juntas necessárias à perfeita adaptação do componente no espaço que lhe é destinado, sem invadir a medida modular do componente adjacente. Ela é representada por “ $mP_{comp}$ ”.

### 3.4.2.5 Junta modular

Junta modular é a distância prevista no projeto arquitetônico entre os extremos de dois componentes, considerando-se a sua medida de projeto do componente.

A Figura 15 indica, para blocos cerâmicos, a medida modular, a medida nominal, a junta modular e o ajuste modular.

### 3.4.3 Ajuste modular

Ajuste modular é a uma medida que relaciona a medida de projeto do componente com a medida modular. Ele é representado por “ $aM$ ”. O Ajuste modular estabelece a relação dos componentes da construção com o sistema de referência. Permite definir com segurança os limites dimensionais dos elementos em função das exigências de associação ou montagem.

Ao se considerar a operação de colocação, associação e montagem de um componente em uma posição previamente estabelecida no projeto arquitetônico univocamente relacionada com o sistema de referência, deve-se supor que essas operações se realizem sem a necessidade de adaptações e cortes do material. Para que isso aconteça, é necessário que os componentes, provenientes de fábricas diferentes, possuam medidas idênticas às do projeto do componente, salvo as exigências de união com os outros componentes com os quais irão associar-se (EUROPEAN PRODUCTIVITY AGENCY, 1962).

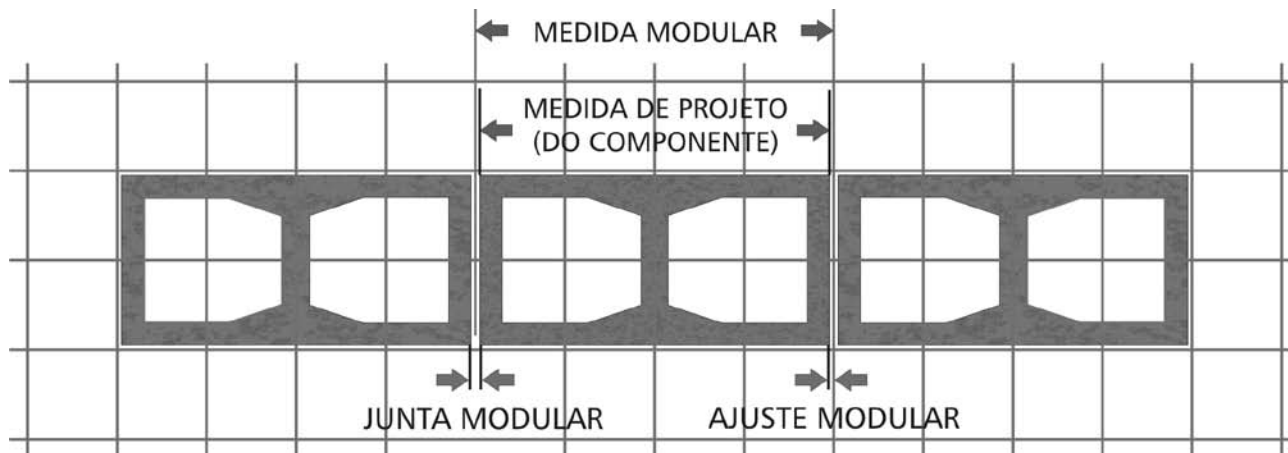


Figura 15 - Medida modular, medida nominal, junta modular e ajuste modular

Deve-se observar também que um componente de forma geométrica definida está sujeito a variações dimensionais em relação às medidas modulares. Tais variações decorrem de erros de fabricação e de posição, ou de dilatações, contrações e deformações originadas por fenômenos físico-químicos, posteriores à montagem, que exigem, portanto, um dispositivo que permita absorver essas variações na união. Requisitos funcionais das juntas, por sua vez, podem obrigar a respeitar determinadas espessuras mínimas.

#### 3.4.3.1 Ajuste modular positivo

O ajuste modular positivo ocorre quando o espaço modular não é preenchido totalmente pelo

componente. No exemplo da Figura 16, a medida modular é maior que a medida de projeto do componente (porta). Nesse caso, a medida modular para a porta de madeira é 9M, o espaço obtido no vão entre os blocos cerâmicos é de 91 cm (medida modular + 1), e a medida de projeto do componente da porta será a medida modular diminuindo-se o ajuste necessário para a sua instalação.

Para o ajuste modular positivo, tem-se:

$$aM = nM - mP_{\text{comp}} \\ e \\ aM > 0.$$

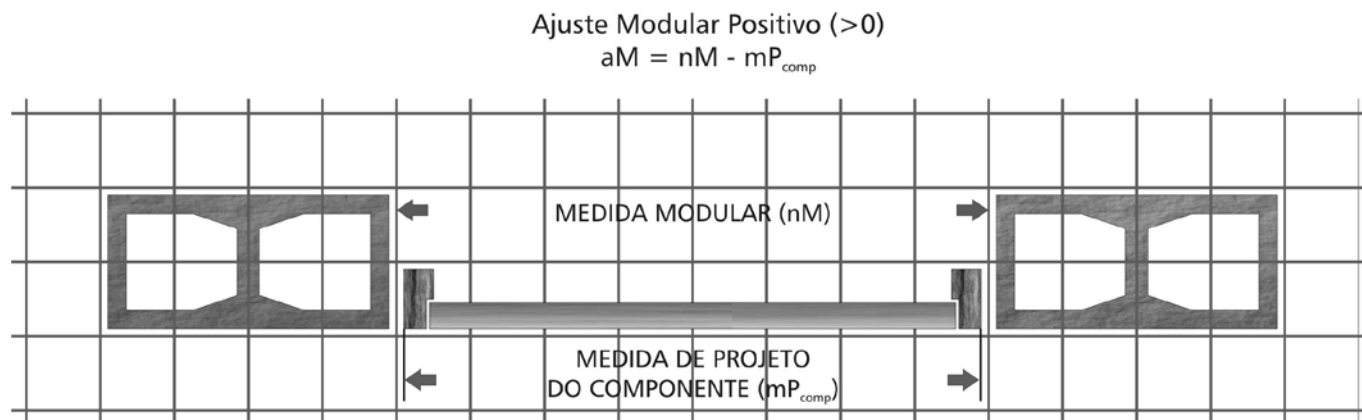


Figura 16 - Ajuste modular positivo

### 3.4.3.2 Ajuste modular negativo

O ajuste modular negativo ocorre quando o espaço modular é excedido, como no caso do exemplo da Figura 17, em que o sistema de união dos painéis é feito por superposição. O ajuste modular é negativo, pois a medida modular ( $nM$ ) é menor que a medida de projeto do componente ( $mP_{comp}$ ).

Para o ajuste modular negativo, tem-se:

$$aM = nM - mP_{comp}$$

e

$$aM < 0.$$

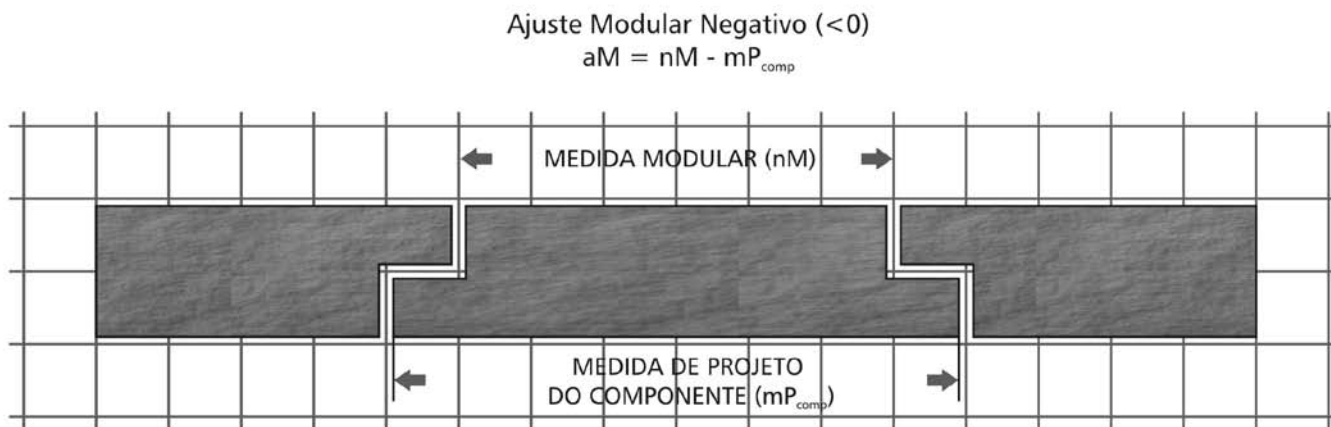


Figura 17 - Ajuste modular negativo

### 3.4.3.3 Ajuste modular nulo

O ajuste modular é nulo quando a dimensão do componente coincide com a dimensão modular, ou seja, o componente ocupa totalmente o espaço modular. No exemplo da Figura 18, os painéis se ajustam topo a topo, considerando-se, então, que haja um ajuste modular nulo.

Para o ajuste modular negativo tem-se:

$$aM = nM - mP_{comp}$$

e

$$aM = 0.$$

Ajuste Modular Nulo (=0)  
 $aM = nM - mP_{comp}$

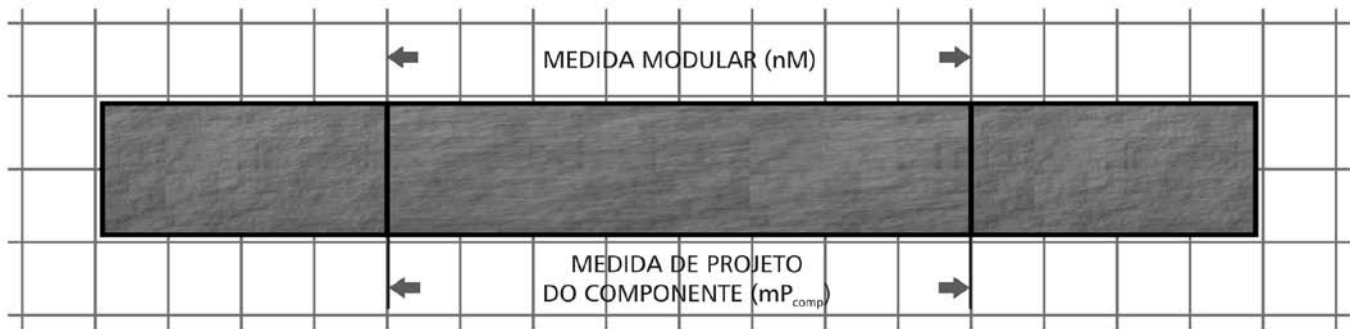


Figura 18 - Ajuste modular nulo

### 3.4.4 Sistema de números preferenciais

O uso de um sistema modular de medidas realiza naturalmente uma seleção de medidas. Entretanto, outros instrumentos de seleção são necessários para otimizar o tipo e o número de formatos de cada componente. Com isso, as séries de produção são reduzidas ao mínimo indispensável para atender às exigências de mercado e aos requisitos econômicos, mas sem perder flexibilidade. Os números preferenciais são escolhidos de forma adequada em relação às características do sistema modular e de maneira a obedecer a regras numéricas seletivas e que permitam uma seleção organizada de dimensões (ROSSO, 1976). Segundo Mascaró (1976), o sistema de números preferenciais caracteriza-se:

a) por ter fixos os seus limites pelas características técnicas dos componentes e as ra-

zões econômicas de sua fabricação;

b) pela função que desempenha;

c) por sua forma de união (junta entre os componentes construtivos); e

d) por sua possibilidade de dividir-se sem desperdício.

No sistema de números preferenciais, haverá as medidas preferíveis e as medidas preferidas (GREVEN, 2000). As medidas preferíveis serão aquelas que melhor se ajustam aos princípios da Coordenação Modular, como, por exemplo, janelas com largura levando-se em consideração o multimódulo planimétrico 3M: 30 cm, 90 cm, 120 cm, 150 cm, 180 cm e assim por diante. As medidas preferidas serão, entre as medidas preferíveis, aqueles tamanhos que o mercado utiliza com maior frequência.

### 3.5 Projeto modular

O projeto modular, segundo o BNH/IDEG (1976), é baseado no sistema de referência, através do quadriculado modular de referência. Dessa forma, as plantas baixas, fachadas e cortes que compõem o projeto se desenvolvem sobre o quadriculado, permitindo coordenar a posição e as dimensões dos componentes de construção. Isso facilita não somente a realização do projeto, simplificando sua representação, mas também a montagem dos componentes na execução da obra, reduzindo a ocorrência de cortes. Por isso, para o projeto modular, deve-se procurar a melhor solução diante dos inúmeros componentes que deverão ser considerados, atendendo da melhor forma a todas as exigências.

#### 3.5.1 Posição dos componentes em relação ao quadriculado modular de referência

Um componente pode ocupar três posições distintas em relação ao quadriculado modular de referência. O posicionamento é sempre feito considerando-se somente a dimensão do componente em relação ao quadriculado modular, ou seja, sem agregar a dimensão de nenhum tipo de acabamento (reboco, azulejo, cerâmica, pedra, entre outros). **Portanto,**

**quando se trabalha com Coordenação Modular, consideram-se medidas “em osso” para o posicionamento dos componentes.** Também se considera o componente em sua projeção ortogonal (como nas vistas ortográficas).

A posição do componente em relação ao quadriculado modular de referência será escolhida em função de necessidades técnicas e econômicas, as quais determinarão qual das três posições será a mais conveniente (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1976).

##### 3.5.1.1 Posição simétrica

Na posição simétrica o componente terá o seu eixo posicionado sobre uma linha do quadriculado modular de referência, facilitando, na prática, a marcação da obra. A medida entre os eixos dos componentes será uma medida modular.

Se a distância face a face do componente for uma medida modular, a distância do eixo do componente à sua face também será uma medida modular. A Figura 19 exemplifica blocos em posição simétrica em relação a uma linha do quadriculado modular de referência.

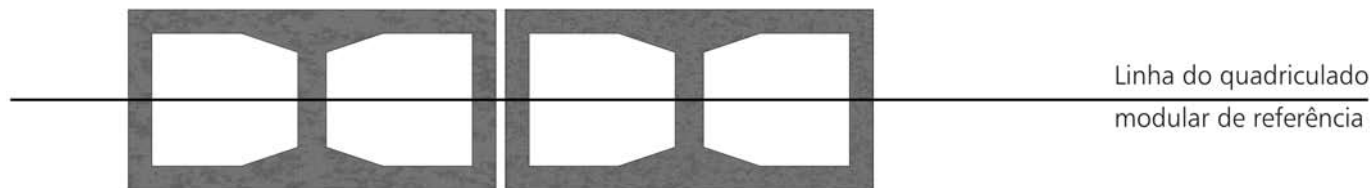


Figura 19 - Componentes em posição simétrica em relação à linha do quadriculado modular de referência

### 3.5.1.2 Posição assimétrica

Na posição assimétrica o componente terá o seu eixo posicionado de forma deslocada em relação à linha do quadriculado modular de referência, mas essa excentricidade deve ser, de preferência, submodular.

Portanto, as medidas das faces do componente à linha do quadriculado modular serão distintas, pois estarão afastadas diferentemente em relação a esta. A Figura 20 mostra blocos em posição assimétrica em relação a uma linha do quadriculado modular de referência.



Figura 20 - Componentes em posição assimétrica em relação à linha do quadriculado modular de referência

### 3.5.1.3 Posição lateral

Na posição lateral, o componente terá uma de suas faces posicionada lateralmente em relação à linha do quadriculado modular de referência. A Figura

21 exemplifica blocos em posição lateral em relação a uma linha do quadriculado modular de referência.

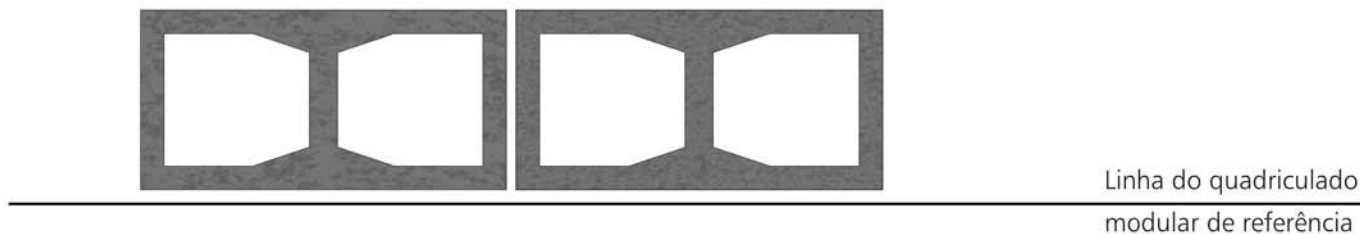
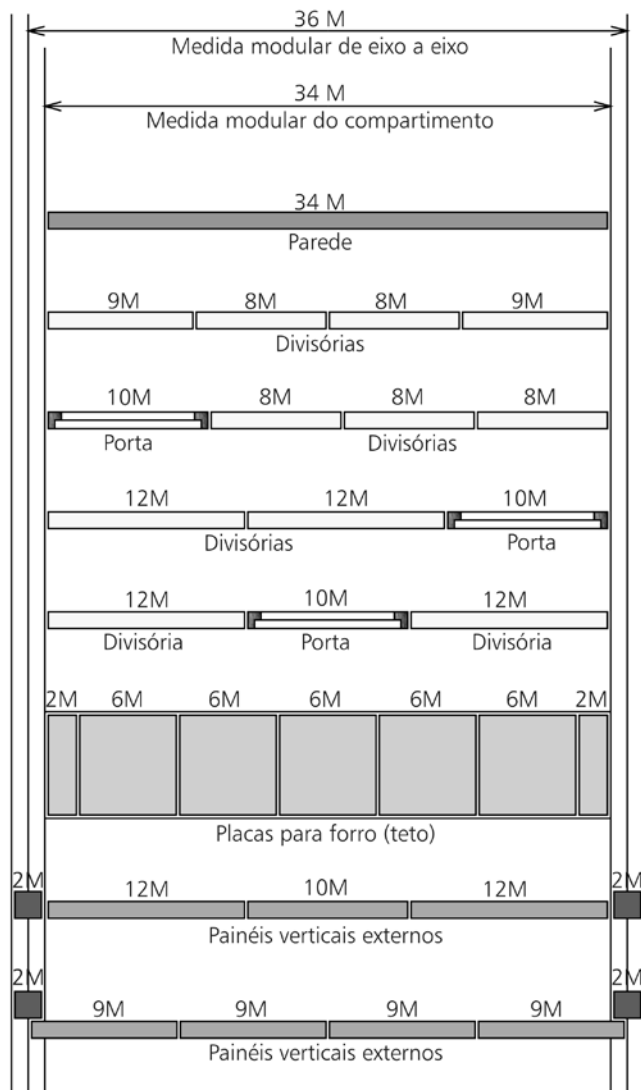


Figura 21 - Componentes em posição lateral em relação à linha do quadriculado modular de referência



### 3.5.2 Componentes modulares

Segundo a ABNT ([1975?]), para ser modularmente coordenado, um componente deve atender a três critérios básicos: seleção, correlação e intercambialidade.



A seleção tem por intuito reduzir a variedade de tipos para atender às necessidades dos projetistas, simplificar as linhas de produção e facilitar a estocagem. A correlação pretende definir as relações de reciprocidade que facilitam a disposição dos componentes. Por fim, a intercambialidade assegura as condições que facilitam a montagem, estabelecendo critérios e normas para os ajustes e as tolerâncias.

Esses três critérios asseguram as condições de adição e combinabilidade entre todos os componentes (EUROPEAN PRODUCTIVITY AGENCY, 1962). Exemplo disso é mostrado na Figura 22, onde uma mesma medida modular é preenchida de várias formas a partir da adição e combinação de componentes diversos, com dimensões modulares diferentes.

A seguir, apresenta-se uma planta baixa modular a partir de blocos de espessura 2M (dimensão nominal de 19 cm) e de comprimento 4M (dimensão nominal de 39 cm), sobre o quadriculado modular de referência 1M x 1M. A cotagem do projeto é feita com a medida modular, ou seja, com a quantidade de módulos em cada parede (Figura 23).

Na Figura 24 há a indicação da “Vista 01”. Essa vista se refere à elevação da parede, mostrando o posicionamento exato de cada bloco e os vãos da janela e da porta, com suas respectivas medidas modulares.

Figura 22 - Adição e combinação de componentes modulares

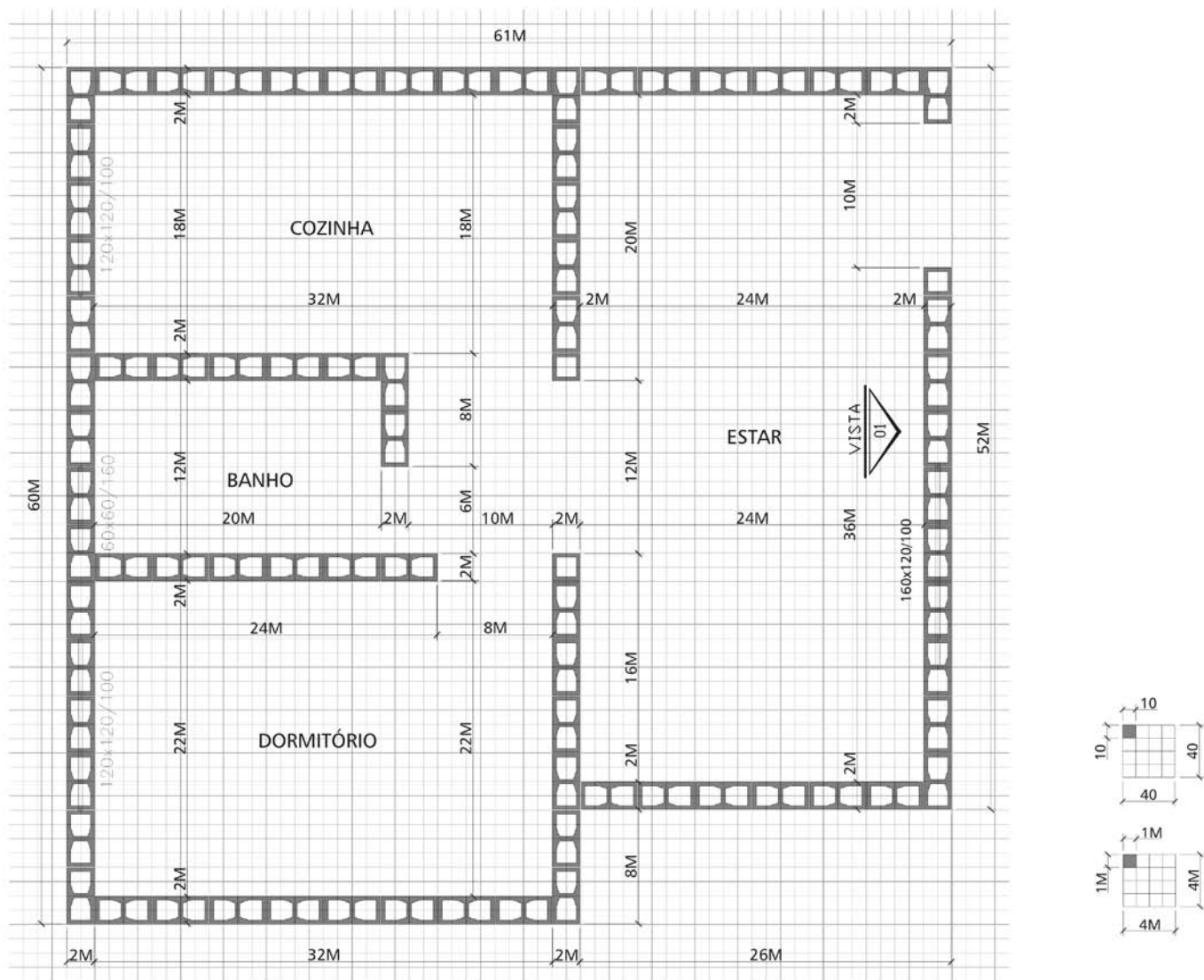


Figura 23 - Planta baixa modular a partir de blocos

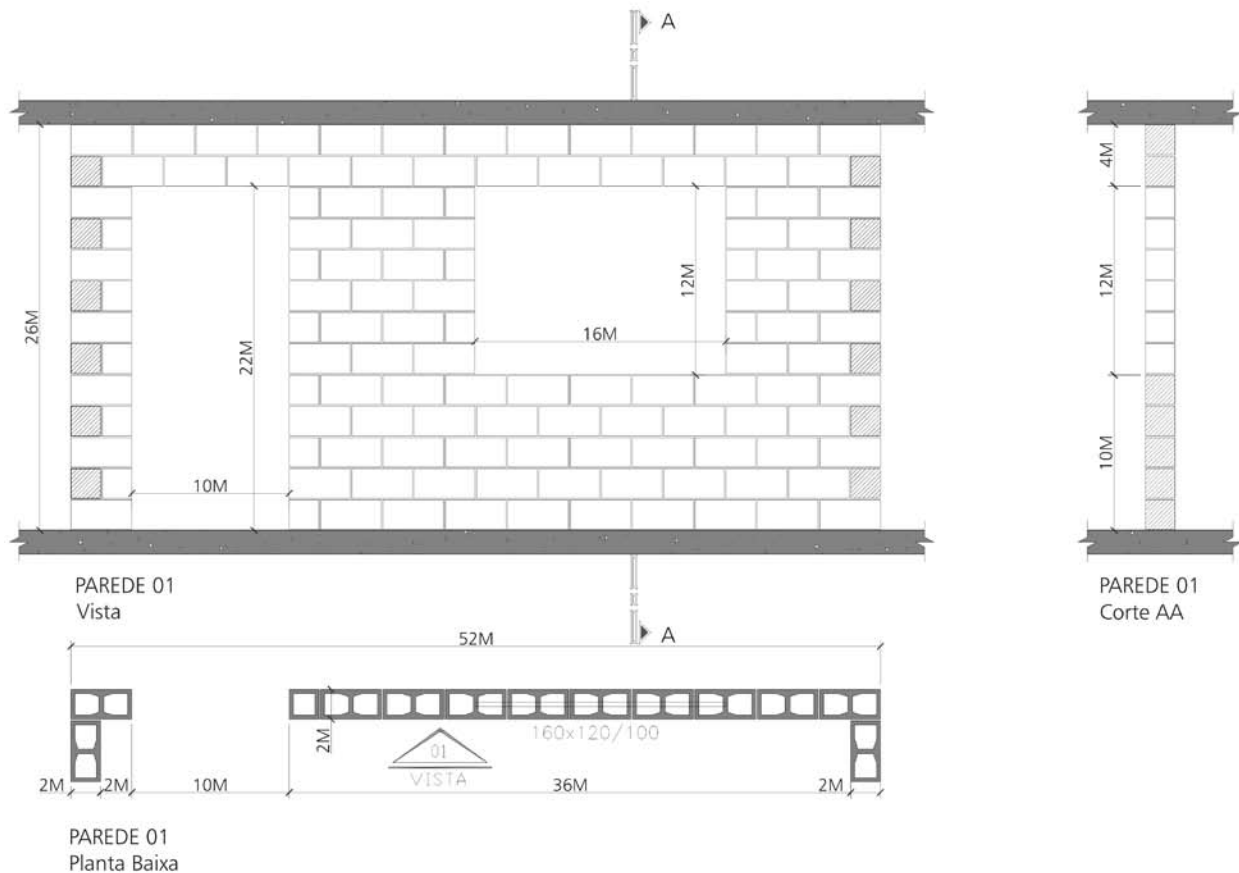


Figura 24 - Elevação de parede executada em alvenaria modular de blocos

### 3.5.3 Conjuntos de peças e/ou produtos não modulares

Para a utilização de peças e/ou produtos não modulares, utilizam-se a adição e a combinação deles visando formatar uma dimensão modular. O exemplo da Figura 25 esclarece a utilização de tijolos com

dimensões não modulares em altura, o que foi solucionado com um número maior de fiadas (5), até alcançar uma dimensão modular (4M). Esse princípio permanece válido quando quaisquer dimensões das peças e/ou produtos não forem modulares.

### 3.5.4 Zona neutra

Em condições particulares de projeto, poderá ser conveniente a separação de reticulados espaciais de referência por zonas não modulares, resultando quadriculados modulares de referência separados por medidas não modulares.

A zona neutra é uma zona não modular que separa reticulados modulares espaciais de referência que, por razões construtivas ou funcionais, necessitem ser separados entre si. Nessa zona, não há obediência da Coordenação Modular. Exemplos típicos de zona neutra são juntas de dilatação e união de blocos girados.

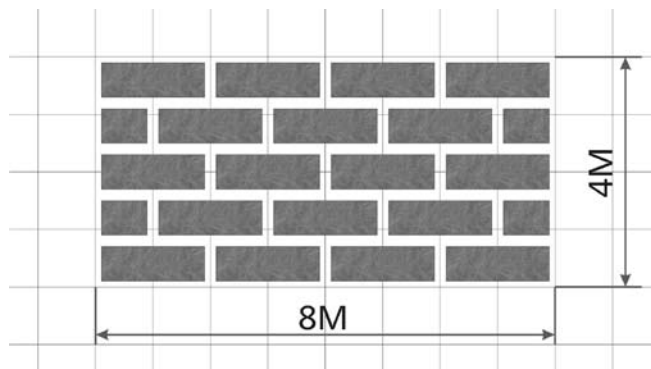


Figura 25 - Conjunto modular composto de peças e/ou produtos não modulares

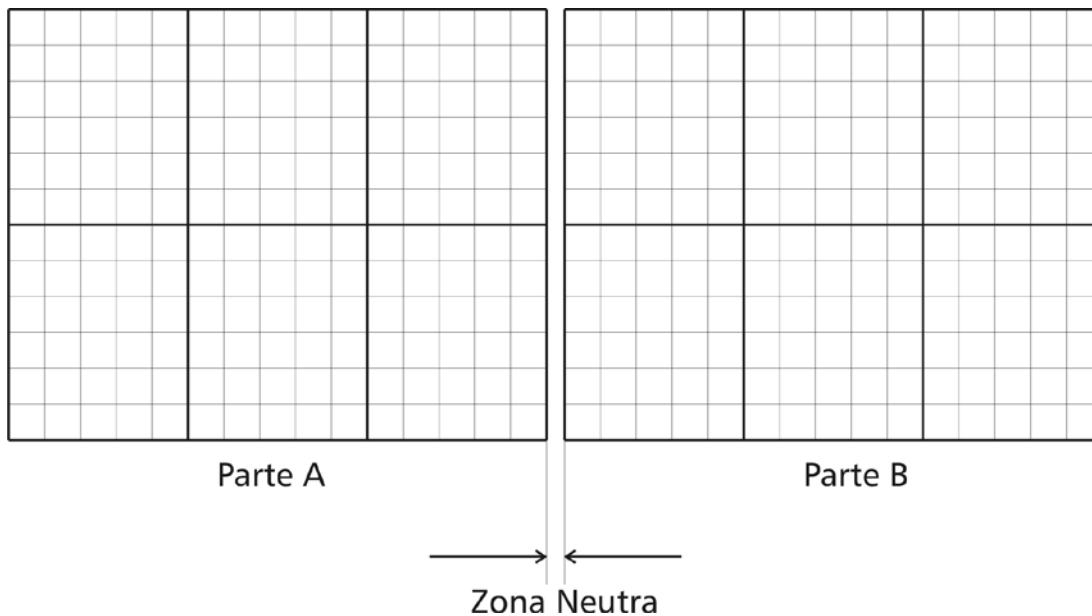


Figura 26 - Zona neutra na junta de dilatação

Assim, quando é necessário separar uma edificação em partes totalmente independentes, com o emprego de juntas de dilatação, é conveniente manter o alinhamento dos reticulados espaciais de referência de cada uma das partes, separando-os somente de acordo com essas juntas de dilatação, como ilustra a Figura 26.

Ainda, quando o projeto da edificação for composto de blocos ou partes não ortogonais entre si, usa-se a zona neutra. Haverá, assim, uma faixa de sobreposição dos quadriculados modulares de refe-

rência (Figura 27).

O emprego da zona neutra é, no entanto, restrita a casos de absoluta necessidade. O seu emprego mais generalizado levaria à anulação das reais vantagens do emprego de um único sistema de referência na elaboração de um projeto. Entretanto, a Coordenação Modular, sendo uma ferramenta de projeto, não poderá se superpor ao projeto arquitetônico, utilizando-se, nesses casos, a zona neutra para compatibilizar as incongruências resultantes.

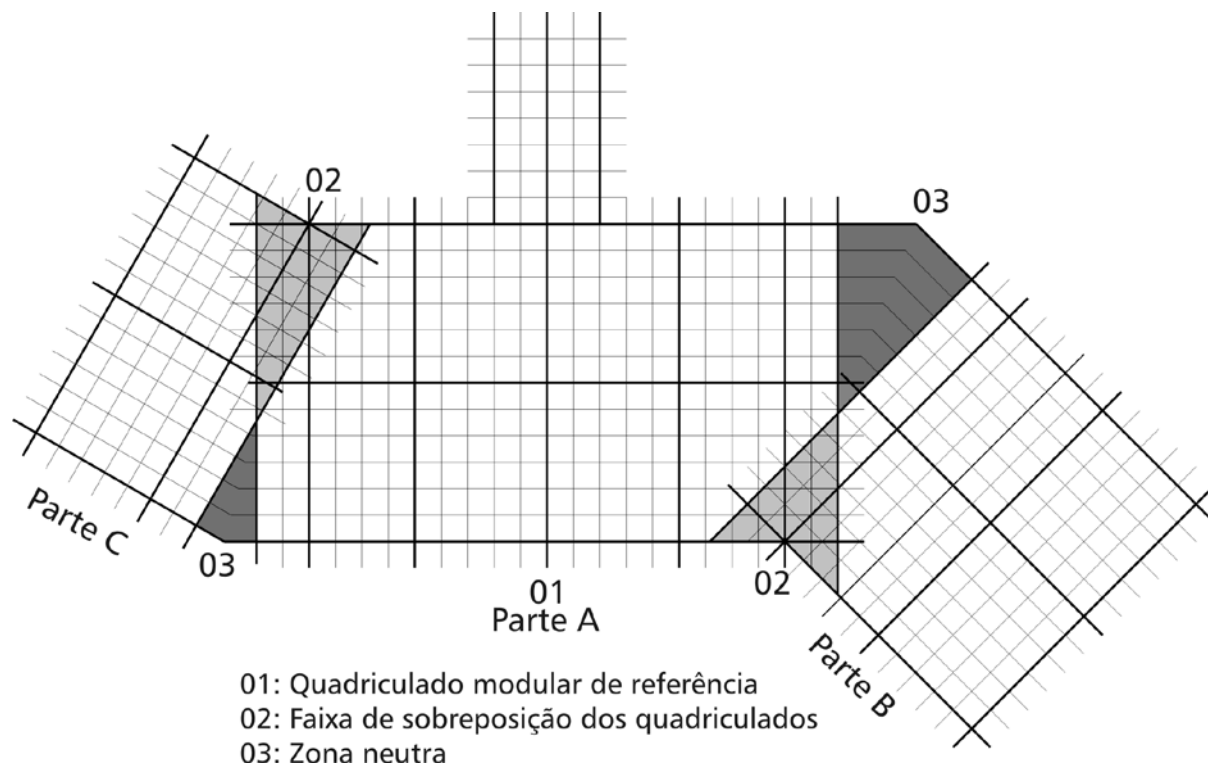


Figura 27 - Zona neutra com blocos girados



## Desenvolvimento de estudos no Brasil

Seguindo o exemplo dado pelos países europeus, do Canadá e dos Estados Unidos, o Brasil também promoveu estudos sobre a Coordenação Modular.

Em 4 de setembro de 1946, foram instalados os trabalhos da Comissão de Estudos dos Elementos da Construção, na ABNT, no Rio de Janeiro. O então secretário geral da ABNT, professor Paulo Sá, chamou a atenção de que seria interessante verificar que, na América do Norte e na França, iniciavam-se, nessa ocasião, os estudos da Coordenação Modular das Construções. A norma francesa havia sido publicada em 1942 e, portanto, foi de grande valia para o estudo. O interesse despertado pelo assunto em um pequeno grupo fez com que, ainda em 1946, uma nova comissão fosse formada para tratar da Modulação das Construções, sob a presidência do engenheiro Jorge Mendes de Oliveira Castro (BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO; INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1976).

Em 21 de maio de 1947, foi concluído o primeiro projeto de norma. Constituíam, então, a Comissão Permanente da Modulação das Construções os seguintes membros: o engenheiro Jorge Mendes de Oliveira Castro, como presidente; Augustinho Sá, como secretário; o engenheiro-arquiteto Edgard de Oliveira Fonseca,

o arquiteto Henrique E. Mindlin e o arquiteto Valentin Peres de Oliveira Neto (BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO; INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1976).

Revisto pela própria Comissão, em 13 de agosto do mesmo ano, o projeto de norma foi adotado pela ABNT sob o título de “Anteprojetado de Norma de Modulação das Construções”. Em 24 de setembro de 1947, na VII Reunião Geral da ABNT, realizada em Salvador, esse trabalho foi aprovado para publicação como norma (BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO; INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1976), sendo apresentado pelos membros da Comissão no 1º Congresso Pan-Americano de Engenharia.

Este trabalho foi publicado como norma em 1950, sob o título NB-25R: *Modulação das Construções*. Dessa forma, o Brasil se posicionava entre os primeiros países a estudar e possuir uma norma de Coordenação Modular. No entanto, segundo o BNH/IDEG (1976), é necessário observar que, enquanto nos demais países foram mobilizados recursos humanos e materiais para dar continuidade aos estudos iniciados, infelizmente o mesmo não ocorreu no Brasil, onde os que participavam da citada Comissão viram esgotada sua capacidade de sacrifício e ficaram impossibilitados de levar adiante os estudos iniciados.

Em agosto de 1963, foi realizado, no Rio de Janeiro, o 1º Seminário de Materiais de Construção, organizado pelo Comitê Pan-Americano de Normas Técnicas (COPANT), com o apoio da Organização

dos Estados Americanos (OEA). Nesse seminário, uma das subcomissões tratou especificamente da Coordenação Modular. O Brasil foi o único país a apresentar sua norma técnica de Coordenação Modular, visto que dos demais países pan-americanos apenas alguns haviam iniciado estudos sobre o assunto (BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO; INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1976).

Em junho de 1965, foi realizado, em Caracas, o 2º Seminário de Materiais de Construção, organizado, como o primeiro, pelo COPANT e também com o apoio da OEA, onde novamente uma subcomissão voltou a tratar da Coordenação Modular. O representante do Brasil, defendendo novamente os princípios básicos desde o início adotados pela norma brasileira de Coordenação Modular, viu-os aprovados por unanimidade. Resultou dessa reunião a aprovação do *Proyecto 1º de Recomendación COPANT/SC 3:11-001: Coordinación Modular de la Construcción - Bases, definiciones y condiciones generales*, que se tornou norma básica para o desenvolvimento de todos os estudos posteriores. Foram também aprovadas várias recomendações, entre elas uma reafirmando a conveniência de um inquérito sobre os materiais de construção de uso mais corrente nos diversos países (BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO; INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1976).

Com base na norma COPANT/SC 3:11-001, a norma brasileira foi revisada pela Comissão de Coordenação Modular da ABNT, resultando na norma NB-



25, intitulada *Coordenação Modular da Construção* – bases, definições e condições básicas, publicada em 1969. Esta norma, segundo o CBC (1969), deveria “desempenhar um papel fundamental na implantação desta metodologia<sup>9</sup> no Brasil”.

A comissão incumbida da revisão da primeira norma brasileira tinha uma tarefa mais ampla do que simplesmente revisá-la. Era necessário, na época, estabelecer um planejamento para:

- a) dinamizar a normalização em âmbito nacional;
- b) dinamizar a divulgação da mesma normalização; e
- c) examinar as possibilidades de ampliar a coordenação entre entidades relacionadas com a construção, objetivando o emprego da Coordenação Modular em conformidade com os interesses nacionais (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1969).

Nesse sentido, foi realizada, em 17 de dezembro de 1969, uma reunião na sede da ABNT, em Guanabara, com a participação de Newton Müller Rangel (do BNH e presidente da comissão), Luiz Manoel Villela (DEP), Pompeu Barbosa Accioly (CND), Bernar-

do Scheinkman (ABNT), Teodoro Rosso (Bouwcentrum), Edgar de O. Fonseca (PUC e FAU Santa Úrsula), Walmor José Prudêncio (FAU/UFRJ), Léo Nishikawa (Bouwcentrum) e Felix von Ranke (ABNT). Após a exposição do arquiteto Bernardo Scheinkman, representante da ABNT, a comissão apreciou e discutiu, com os representantes do Bouwcentrum, os pormenores do trabalho que, no momento, estava sendo realizado no CBC, por iniciativa do BNH e em colaboração com a ABNT, para a formulação de um Plano de Implantação da Coordenação Modular no Brasil (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1969).

O Plano de Implantação da Coordenação Modular da Construção foi um estudo realizado pelo CBC, contratado pelo BNH, em 24 de setembro de 1969, no Rio de Janeiro. Conforme o contrato entre as partes, esse plano deveria se restringir à formulação pura e simples de uma estratégia de aplicação, através da análise fenomenológica e funcional, dos componentes tradicionais e não tradicionais, e deveria estabelecer um conjunto de regras ou comprovar as que já foram formuladas em âmbito internacional, principalmente para a formação de uma sistemática básica aplicável às condições peculiares do Brasil. Essa sistemática permitiria aplicar o conhecimento adquirido nas pesquisas desenvolvidas, em cursos,

<sup>9</sup> Na acepção dos autores do CBC, a Coordenação Modular foi conceituada como metodologia, mas atualmente poderia ser tratada como “ferramenta de projeto”.

manuais e outros veículos de divulgação destinados a favorecer a implantação. O trabalho foi programado para ser realizado em três etapas: estudos preliminares, estudos teóricos e aplicação prática.

A primeira etapa do Plano de Implantação da Coordenação Modular, entregue ao BNH em 20 de janeiro de 1970, é composta de dois volumes, em um total de 13 capítulos, distribuídos em 466 folhas. Foi realizado por duas equipes principais, designadas por Grupo de Trabalho A e Grupo de Trabalho B, e por uma equipe auxiliar, encarregada de efetuar as tarefas de campo. A coordenação geral ficou a cargo do engenheiro civil Teodoro Rosso, chefe do Departamento Técnico do CBC (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; CENTRO BRASILEIRO DA CONTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970).

Segundo o relatório, a própria conceituação da palavra “preliminar” resumia os objetivos dessa etapa: cabia a ela estabelecer condições que facilitassem o desenvolvimento dos estudos programados para as etapas seguintes. A esta etapa coube a tarefa indispensável de levantar todas as informações de utilidade imediata como também estruturar um sistema de coleta de dados necessários para a implantação da Coordenação Modular.

As atividades previstas para a segunda etapa do Plano de Implantação da Coordenação Modular eram os estudos teóricos realizados por dois Grupos de Trabalho e uma equipe auxiliar, todos coordenados pelo engenheiro civil Teodoro Rosso. A segunda etapa foi constituída por um relatório de 11 volumes.

Nesta segunda etapa foram estudados detalhadamente:

- d) componentes modulares: paredes externas e internas;
- e) componentes modulares: coberturas e forros;
- f) componentes modulares: acabamentos;
- g) componentes modulares: elementos secundários em paredes (portas e janelas de madeira, caixilhos metálicos e vidros);
- h) componentes modulares: serviços;
- i) aproveitamento racional da madeira;
- j) projeto modular;
- k) juntas para componentes;
- l) controle estatístico de qualidade e ajustes e tolerâncias; e
- m) séries numéricas.

Não se encontraram dados sobre a existência de relatórios referentes à terceira etapa do Plano de Implantação. Contudo, o Noticiário da Coordenação Modular de nº 21/22, dos meses de agosto e setembro de 1971, dá a informação de que na terceira etapa, que então se iniciava, seriam publicados manuais para arquitetos, engenheiros, construtores e fabricantes de componentes construtivos, e também cursos e seminários programados. O CBC ainda contava com o auxílio do BNH para organizar canteiros experimentais nos quais seria provada, na prática, a viabilidade

das soluções estudadas e propostas nas duas etapas anteriores (CENTRO BRASILEIRO DA CONTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1971c).

Outra iniciativa para a promoção da divulgação e de estudos sobre a Coordenação Modular foi “O Noticiário da Coordenação Modular”, uma publicação de circulação nacional, produzida pelo CBC durante pouco mais de dois anos, em convênio com o BNH. Sua primeira edição foi publicada em dezembro de 1969, a partir da qual teve periodicidade mensal ou bimestral.

O Noticiário era veículo de informações sobre a Coordenação Modular e a industrialização da construção nos âmbitos nacional e internacional. Na época, o CBC estava realizando o Plano de Implantação da Coordenação Modular e, na redação do Noticiário, tornava de conhecimento público tudo o que estava acontecendo em relação à Coordenação Modular. Segundo o CBC (1970c), o grande número de cartas recebidas solicitando a remessa a pessoas não incluídas na lista inicial de leitores provava a receptividade e o interesse despertado. Esse fato obrigou o CBC a reimprimir os primeiros capítulos para atender a todos os pedidos.

Ainda dentro das atividades de divulgação e promoção que o CBC deveria realizar, estava uma exposição itinerante de caráter didático, como meio para a divulgação da Coordenação Modular, que permitiria, segundo o próprio CBC, alcançar um público mais heterogêneo do que seria possível por meio de outros canais mais especializados (BANCO NACIO-

NAL DA HABITAÇÃO; CENTRO BRASILEIRO DA CONTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970).

O programa da exposição constava de definições e proposições. Dentro das definições, seriam mostradas imagens e textos, tanto nos aspectos históricos como nos processos industriais relativos à Coordenação Modular. Como propostas, seriam apresentadas algumas soluções ou recomendações que o Bouwcentrum havia encontrado em suas pesquisas.

A publicação “Elementos para a avaliação do impacto da racionalização e da Coordenação Modular na indústria de materiais de construção”, de julho de 1978, foi referente a uma pesquisa realizada na indústria de materiais da construção, patrocinada pelo BNH, com a finalidade de tatear a reação das indústrias de materiais de construção em relação à Coordenação Modular (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1978).

Ainda foi realizada uma experiência piloto, planejada em dezembro de 1978, logo após a avaliação do impacto da racionalização e da Coordenação Modular na indústria de materiais de construção. Se a implantação da Coordenação Modular em âmbito nacional era utópica e imprudente (BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO; INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1980), o BNH optou, então, pela aplicação experimental da Coordenação Modular mediante uma experiência piloto em uma área geográfica restrita. Os critérios utilizados para a escolha da sede da experiência piloto foram

baseados nos aspectos relativos à proximidade das indústrias de materiais de construção, das indústrias de construção e do apoio institucional local. A área que melhor se enquadrou nesses critérios foi o Rio de Janeiro. Portanto, a experiência piloto foi realizada na Grande Rio, entre 1978 e 1980.

Em relação às normas técnicas brasileiras<sup>10</sup> que tratam especificamente da Coordenação Modular, soma-se um total de 26, com datas de publicação de 1977 e 1982, produzidas pelo CB-2, o “Comitê Brasileiro de Construção Civil” e pelo CE-2:02.15, a “Comissão de Estudo de Coordenação Modular da Construção”. A única que sofreu reformulação recente foi a NBR 5712: *Bloco vazado modular de concreto*, de 1982, originada, por sua vez, da NB 307. A Figura 28 mostra uma lista dessas normas.

Essas normas foram as últimas publicações que podem ser consideradas iniciativas em prol da implantação da Coordenação Modular no Brasil. Algumas publicações pontuais ainda apareceram pinçadas durante esses anos no país, em dissertações, teses e artigos, tratando direta ou indiretamente sobre o tema nos campos da habitação popular e da

alvenaria racionalizada, mas nenhuma se dedicando a estratégias para sua implantação (BALDAUF, 2004).

Além disso, as normas sobre o assunto são incipientes, pouco claras e pouco objetivas, provocando dúvidas quanto à sua interpretação e tornando sua viabilidade frágil. O fato de as NBRs não especificarem dimensões para os componentes e vãos é provavelmente um dos motivos pelos quais elas não sejam respeitadas, o que se agrava pelo fato de que grande parte dos intervenientes da cadeia da indústria da construção civil desconhece sua existência e os conceitos do que seja a Coordenação Modular. As normas de Coordenação Modular nem ao menos são citadas como complementares nas demais normas brasileiras, e a terminologia usada em cada uma delas não é padronizada.

No entanto, diante das necessidades do mercado, em 2001 foi publicado *O Manual Técnico de Modulação de Vãos de Esquadrias*, escrito por Hugo Lucini, uma iniciativa conjunta da Associação Nacional de Fabricantes de Esquadrias de Alumínio (AFEAL), da Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA) e do Sindicato das Indústrias de Construção de São Paulo (SINDUSCON-SP).

<sup>10</sup> As normas estão disponíveis na ABNT ([www.abnt.org.br](http://www.abnt.org.br)).

Norma	Código	Publicação	Status	Norma de origem
Ajustes modulares e tolerâncias	NBR 5725	2/1982	em vigor	NB 417
Altura modular de teto/piso (entre pavimentos consecutivos)	NBR 5713	2/1982	em vigor	NB 331
Alturas modulares de piso a piso, de compartimento e estrutural	NBR 5710	2/1982	em vigor	NB 305
Alvenaria modular	NBR 5718	2/1982	em vigor	NB 340
Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos	NBR 6136	10/2006	em vigor	NBR 5712
Coberturas	NBR 5720	2/1982	em vigor	NB 344
Componentes de cerâmica, de concreto ou de outro material utilizado em lajes mistas na construção coordenada modularmente	NBR 5716	2/1982	em vigor	NB 338
Coordenação modular da construção - Terminologia	NBR 5731	2/1982	em vigor	TB 202
Coordenação modular da construção - Procedimento	NBR 5706	12/1977	em vigor	NB 25
Detalhes modulares de esquadrias	NBR 5728	2/1982	em vigor	NB 423
Divisória modular vertical interna	NBR 5721	2/1982	em vigor	NB 345
Equipamento para complemento da habitação na construção coordenada modularmente	NBR 5727	2/1982	em vigor	NB 422
Espaço modular para escadas	NBR 5717	2/1982	em vigor	NB 339
Esquadrias modulares	NBR 5722	2/1982	em vigor	NB 346
Forro modular horizontal de acabamento (placas, chapas ou similares)	NBR 5723	2/1982	em vigor	NB 372
Local e instalação sanitária modular	NBR 5715	2/1982	em vigor	NB 337
Multimódulos	NBR 5709	2/1982	em vigor	NB 304
Painel modular vertical	NBR 5714	2/1982	em vigor	NB 332
Posição dos componentes da construção em relação à quadrícula modular de referência	NBR 5707	2/1982	em vigor	NB 302
Princípios fundamentais para a elaboração de projetos coordenados modularmente	NBR 5729	2/1982	em vigor	NB 424
Revestimentos	NBR 5719	2/1982	em vigor	NB 343
Série modular de medidas	NBR 5726	2/1982	em vigor	NB 420
Símbolos gráficos empregados na coordenação modular da construção	NBR 5730	2/1982	em vigor	SB 62
Tacos modulares de madeira para soalhos na construção coordenada modularmente	NBR 5724	2/1982	em vigor	NB 373
Tijolo modular de barro cozido	NBR 5711	2/1982	em vigor	NB 306
Vãos modulares e seus fechamentos	NBR 5708	2/1982	em vigor	NB 303

Figura 28 - Lista das normas referentes à Coordenação Modular publicadas pela ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007)

Em 1997, uma reunião do Comitê de Tecnologia e Qualidade do SINDUSCON-SP identificou, segundo o vice-presidente do comitê, João de Souza Coelho Filho,

uma necessidade comum quanto à modulação dos vãos para janelas. Foi constatado que é impossível para todas as partes - projetistas de arquitetura, fabricantes de esquadrias, executores de estruturas, de vedações e as próprias empresas construtoras - obter elevada produtividade no processo a partir de uma descontinuidade de processo decorrente da enorme diversidade de dimensões de vãos adotada nos projetos de edifícios. (LUCINI, 2001).

A partir dessa constatação, o Manual foi desenvolvido com base na utilização de blocos cerâmicos

ou de concreto para as paredes e tinha por objetivo estabelecer um processo de modulação de vãos de esquadrias, considerando o tratamento simultâneo de duas questões relacionadas: a modulação de vãos construtivos nas edificações; e a definição de dimensões preferenciais para o desenvolvimento de sistemas de esquadrias (LUCINI, 2001).

A Figura 29 mostra a relação dimensional de vãos e esquadrias a que o estudo realizado nesse Manual chegou.

O resultado do Manual é um catálogo que reúne o conjunto de vãos e esquadrias selecionados pelo Comitê de Tecnologia e Qualidade do SINDUSCON-SP: são 12 vãos modulares preferidos, 15 tipologias de esquadrias e 27 dimensões preferidas de esquadrias.

Vão modular (em cm)	Vão disponível à vedação (em cm)	Dimensão modular da esquadria (em cm)	Dimensão nominal da esquadria (em cm)	Junta nominal total (em cm)	Junta nominal perimetral (em cm)
80 x 80	81 x 81	80 x 80	75 x 75	6,0	3,0
90 x 220	91 x 121	90 x 220	85 x 215	6,0	3,0
100 x 120	101 x 121	100 x 120	95 x 115	6,0	3,0
120 x 120	121 x 121	120 x 120	115 x 115	6,0	3,0
150 x 220	151 x 221	150 x 220	145 x 215	6,0	3,0

Figura 29 - Exemplo de relação dimensional entre vãos e esquadrias (LUCINI, 2001)

Lucini (2001) finaliza apontando que a dimensão precisa da esquadria é uma decisão particular de cada fabricante, em função do projeto do produto e da tecnologia empregada (enquanto responda aos critérios mínimos de modulação de vãos e juntas estabelecidos). As dimensões de esquadrias sempre devem fazer referência ao vão modular. Assim, o vão modular é múltiplo do módulo decimétrico; o vão vedação é o vão modular mais 1 cm; a dimensão da esquadria é o vão modular menos 5 cm; o vão iluminação/ventilação é o vão modular menos 10 cm, ou a dimensão da esquadria menos 5 cm.

Este Manual vem suprir as deficiências deixadas pelas normas de Coordenação Modular que tratam do assunto: a NBR 5708 - *Vãos modulares e seus fechamentos: procedimento*, a NBR 5722 - *Esquadrias modulares: procedimento*, e a NBR 5728 - *Detalhes modulares de esquadrias: procedimento*, que não especificam nenhuma medida preferida ou preferível para as esquadrias.

Essa situação mostra a necessidade de as normas serem urgentemente revisadas e complementadas, assim como também Códigos de Edificação e Códigos de Obra. É também imprescindível o engajamento de todos os intervenientes da cadeia produtiva da construção civil para que se possa usufruir as vantagens decorrentes do uso da Coordenação Modular.





## Coordenação modular e conectividade

### 5.1 Nos países industrializados

Os países industrializados – da Europa e da América do Norte –, que adotaram efetivamente a Coordenação Modular nas décadas de 50 e 60, atualmente seguem utilizando-a no dia-a-dia da construção civil, desde o projeto dos componentes, passando pela formação dos profissionais nas Universidades e chegando aos canteiros de obras.

A evolução da Coordenação Modular nesses países chegou ao que se chama de conectividade, que utiliza os recursos de informática e informatização conjuntamente com os equipamentos industriais informatizados. Isso permite a produção de componentes dimensionados de acordo com as necessidades de cada projeto e/ou cliente, desde que a conectividade entre eles esteja perfeitamente resolvida. A Figura 30, fazendo um paralelo a um quebra-cabeças, mostra as “peças” (componentes construtivos) perfeitamente compatíveis umas com as outras, fazendo com que a etapa de montagem (obra) entre elas seja totalmente previsível.

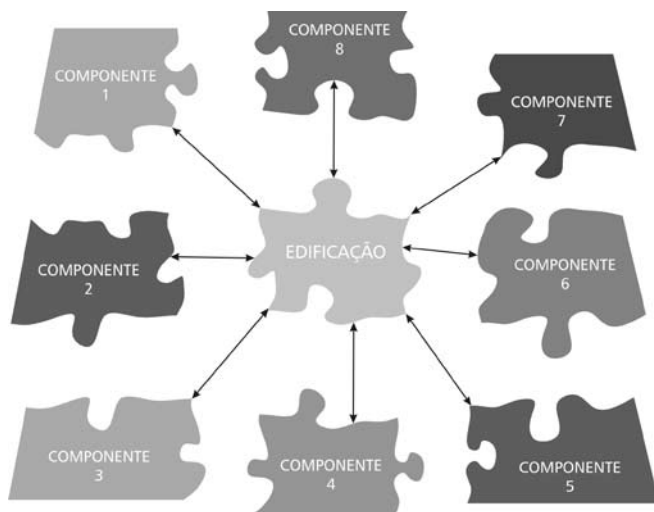


Figura 30 - Sistemática da conectividade entre componentes

O futuro indica uma evolução no desenvolvimento da conectividade entre os componentes, sempre levando em consideração que a Coordenação Modular é o fundamento de todo o processo.

## 5.2 No Brasil

Apesar dos avanços nos países industrializados e ainda que no Brasil também já haja estudos relativos à conectividade, por exemplo, ainda tem-se um longo caminho a percorrer, que deve passar por todos os intervenientes do processo construtivo, tanto em relação ao conhecimento do que se trata a Coordenação Modular quanto em efetivar ações para sua implantação.

Certamente existem muitos interesses em cada um dos intervenientes da cadeia produtiva da construção civil, o que gera procedimentos desconexos e contraditórios, regredindo os avanços que devem ser

buscados. Portanto, torna-se imprescindível que haja um senso comum, fazendo com que cada um atue responsabilmente dentro da sua esfera. Todos os intervenientes devem estar mobilizados e interessados quanto ao fato de a Coordenação Modular só trazer benefícios, apesar dos necessários ajustes iniciais, principalmente em relação à fabricação dos componentes.

Alguns trabalhos que estão sendo realizados hoje no Brasil se constituem em meio importante para a implantação da Coordenação Modular, apesar de não a terem como foco específico. A Coordenação Modular participa, em última análise, dos objetivos de todas essas ações e deve, portanto, rapidamente ser colocada de forma explícita dentro delas, para que não sejam perdidas novas oportunidades para sua implantação. O Programa Brasileiro de Produtividade e Qualidade no Habitat (PBQP-H) tem uma ação global sobre a cadeia

produtiva e poderia ser a peça-chave dessa mobilização, pois alia agentes públicos e privados.

Com as dimensões dos componentes construtivos especificadas dentro dos princípios da Coordenação Modular, o consumidor poderá se deter em outros quesitos, como durabilidade, estética, resistência e praticidade, que se tornariam fator de maior competitividade entre os fabricantes e que atualmente têm sido bastante desenvolvidos entre as indústrias que se preocupam com a qualidade de seus produtos. O consumidor comparará produtos com as mesmas características dimensionais e encontrará o diferencial em outros quesitos, como o preço, por exemplo, que muitas vezes é fator decisivo.

A busca por selos, certificações e outros “títulos” por parte dos fabricantes gera grande confusão ao consumidor, que, sem conhecimentos técnicos, acaba sem saber exatamente do que se trata e em relação a que se trata. Uma certificação é dada em relação a um universo limitado de normas técnicas e seria interessante especificar ao consumidor quais são elas. Nenhum produto está certificado em relação às normas de Coordenação Modular. No entanto, uma mercadoria pré-medida junto ao INMETRO, como uma peça cerâmica com Certificação Voluntária, por exemplo, recebe um selo da instituição e os dizeres: “Em conformidade com as Normas Técnicas”. Mas quais são elas? Essa é uma dúvida que certamente vai rodear o consumidor.

A diversidade e a incoerência das normas geram confusão em relação à sua implantação. Poderia pensar-se em uma situação inicial de norma (ou projeto de norma) voluntária/experimental e, por fim, uma norma

compulsória/definitiva, com a inclusão em códigos de edificações, e a ela condicionando a obtenção de financiamento público e participação em concorrências públicas, tendo-se situações intermediárias de adequação por parte dos fabricantes e revisões periódicas pelas instituições responsáveis, criando um sistema de funcionamento de normalização que está sempre se aperfeiçoando.

Também é importante um posicionamento por parte dos órgãos de estímulo e financiamento para a aquisição de equipamentos industriais importados, com o intuito de não se terem equipamentos com outro sistema de medidas. Para realizar esse tipo de intervenção, são necessários instrumentos legais, que só o poder público pode fornecer.

A partir do momento em que for montada uma estratégia de implantação da Coordenação Modular com prazos estipulados, a instituição organizadora da estratégia deve esclarecer explicitamente aos intervenientes da cadeia produtiva o que vai ser feito e como vai ser feito, para que não sejam geradas falsas expectativas e se recair na situação da não-aplicação dos princípios da Coordenação Modular.

Dentro do caminho a percorrer no Brasil para a implantação da Coordenação Modular, os profissionais e estudantes das áreas de Arquitetura e Engenharia têm papel fundamental e devem estar conscientes e participantes de todo o processo, sempre tendo como foco o fato de que a Coordenação Modular é o princípio, o meio e o fim da racionalização da construção, desde a fase do projeto dos componentes até a fase da utilização da edificação.



# COLEÇÃO HABITARE

## Referências bibliográficas

ANGIOLETTI, R.; GOBIN, C.; WECKSTEIN, M. Sustainable development building design and construction - twenty-four criteria facing the facts. In: *Managing for sustainability - endurance through change - symposium D: Construction and the environment. Anais...* Gävle: CIB World Building Congress, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br>>. Acesso em: 10 jul. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5706**: Coordenação Modular da construção: procedimento. Rio de Janeiro, 1977.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5725**: Ajustes modulares e tolerâncias: procedimento. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Síntese da Coordenação Modular**. Rio de Janeiro, [1975?].

BALDAUF, A. S. F. **Contribuição à implementação da coordenação modular da construção no Brasil**. 2004. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM. **Plano da Coordenação Modular da Construção**. BNH/CBC, 1. etapa, 20 jan. 1970.

BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL. **Coordenação modular da construção**. Rio de Janeiro: BNH/IDEG, 1976.

BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL. **Elementos para a avaliação do impacto da racionalização e da Coordenação Modular na indústria de materiais de construção**. Rio de Janeiro: BNH/IDEG, jul. 1978.

BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL. **A Coordenação Modular da construção: síntese para divulgação**. Rio de Janeiro: BNH/IDEG, jan. 1980.

BIERMANN, V. et al. **Teoría de la arquitectura: del renacimiento a la actualidad**. Köln: Taschen, 2003.

BRUNA, P.J.V. **Arquitetura, industrialização e desenvolvimento**. São Paulo: Perspectiva, 1976.

BUSSAT, P. **Die Modulordnung im Hochbau**. Stuttgart: Karl Krämer, 1963.

CAPORIONI; GARLATTI; TENCA-MONTINI. **La coordinación modular**. Barcelona: GG, 1971.

70 CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM. **Noticiário da Coordenação Modular**. São Paulo: BNH/CBC, n. 1, dez. 1969.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM. **Noticiário da Coordenação Modular**. São Paulo: BNH/CBC, n. 2, jan. 1970a.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM. **Noticiário da Coordenação Modular**. São Paulo: BNH/CBC, n. 12-13, nov./dez. 1970b.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM. **Plano de implantação da Coordenação Modular**. BNH/CBC, 1. fase, 2. etapa, 3. volume, 1970c.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM. **Noticiário da Coordenação Modular**. São Paulo: BNH/CBC, n. 23-24, out./nov. 1971a.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM. **Noticiário da Coordenação Modular**. São Paulo: BNH/CBC, n. 17-18, abr./maio 1971b.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM. **Noticiário da Coordenação Modular**. São Paulo: BNH/CBC, n. 21-22, ago./set. 1971c.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM. **Noticiário da Coordenação Modular**. São Paulo: BNH/CBC, n. 26-27, jan./fev. 1972.

CHEMILLIER, P. **Industrialización de la construcción**. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, 1980.

CHING, F. D. K. **Arquitectura: forma, espacio y orden**. México: GG, 1998.

CHING, F. D. K. **Arquitetura: forma, espaço e ordem**. São Paulo: Martins Fontes, 2002.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN 18000: Modulordnung im Bauwesen**. Berlin, 1984.

EUROPEAN PRODUCTIVITY AGENCY. **La coordinación modular en la edificación**. Buenos Aires: López, 1962.

FERREIRA, A. B. H. **Novo Aurélio século XX: o dicionário da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.

GÖSSEL, P.; LEUTHÄUSER, G. **Architecture in the twentieth century**. Köln: Taschen, 1991.

GREVEN, H. A. Coordenação Modular. In: GREVEN, H. A. **Técnicas não convencionais em edificação I**. Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000. Notas de aula.

GRISOTTI, M. A industrialização da construção em relação à primeira e à segunda revolução industrial. **A industrialização da construção**, FAUUSP, v. 2, set. 1971.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Sistema Internacional de Unidades**. Rio de Janeiro: INMETRO, 2003.

LE CORBUSIER. **El modulator**. Buenos Aires: Poseidon, 1953.

LISBOA. Ministério das Obras Públicas. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. **Racionalização do processo de projecto 1 – coordenação dimensional modular**: princípios e aplicações. Lisboa: Ministério das Obras Públicas, 1970.

LUCINI, H. C. **Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias**. São Paulo: Pini, 2001.

MASCARÓ, L. E. R. de. **Coordinación modular? Qué es?** Summa, Buenos Aires, n. 103, p. 20-21, ago. 1976.

NISSEN, H. **Construcción industrializada y diseño modular**. Madrid: H. Blume, 1976.

OLIVEIRA, M. **Um método para obtenção de indicadores visando a tomada de decisão na etapa de concepção do processo construtivo**: a percepção dos principais intervenientes. 1999. 376 f. Tese (Doutorado em Administração) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

PADOVAN, R. **Proportion**: science, philosophy, architecture. Londres: E & FN Spon, 1999.

ROSSO, T. **Teoria e prática da coordenação modular**. São Paulo: FAUUSP, 1976.

ROSSO, T. **Racionalização da construção**. São Paulo: FAUUSP, 1980.

72 TECHNISCHE HOCHSCHULE HANNOVER. Massordnung im Bauwesen: Stand in den ECE-Ländern. In: **Lehrgebiet für Präfabrikation im Bauwesen**, 1967.

VIÑOLA, J. B. de. **Tratado de los 5 ordenes de arquitectura**. Buenos Aires: Construcciones, 1948.

YEANG, K. **Proyectar com la natureza**: bases ecológicas para el proyecto arquitectónico. Barcelona: GG, 1999.