

**CONTRIBUIÇÃO À IMPLEMENTAÇÃO DA  
COORDENAÇÃO MODULAR DA CONSTRUÇÃO NO  
BRASIL**

**Alexandra Staudt Follmann Baldauf**

Porto Alegre

abril 2004

**ALEXANDRA STAUDT FOLLMANN BALDAUF**

**CONTRIBUIÇÃO À IMPLEMENTAÇÃO DA  
COORDENAÇÃO MODULAR DA CONSTRUÇÃO NO  
BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul,  
como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em  
Engenharia na modalidade Acadêmico

Porto Alegre  
abril 2004

B175c Baldauf, Alexandra Staudt Follmann  
Contribuição à implementação da Coordenação Modular da  
construção no Brasil / Alexandra Staudt Follmann Baldauf;  
orientador, Hélio Adão Greven. -- Porto Alegre, 2004.

Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Civil.

1. Coordenação modular - Tecnologia da construção. 2.  
Coordenação modular - Brasil. I. Greven, Hélio Adão, orient.  
II. Título.

CDU 69:057(043)

**ALEXANDRA STAUDT FOLLMANN BALDAUF**

**CONTRIBUIÇÃO À IMPLEMENTAÇÃO DA  
COORDENAÇÃO MODULAR DA CONSTRUÇÃO NO  
BRASIL**

Esta dissertação de mestrado foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA e aprovada em sua forma final pelo professor orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 07 de abril de 2004

Prof. Hélio Adão Greven  
Dr. pela Universidade de Hannover  
Orientador

Prof. Américo Campos Filho  
Coordenador do PPGEC/UFRGS

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Fernando Barth (UFSC)**  
Dr. pela Universidade de Barcelona

**Prof. Maurício Moreira e Silva Bernardes (UFRGS)**  
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Prof. Luiz Carlos Pinto da Silva Filho (UFRGS)**  
PhD. pela Universidade de Leeds, Reino Unido

## AGRADECIMENTOS

Meu agradecimento ao Prof. Hélio Adão Greven pela dedicação, incentivo e motivação que sempre dispendeu na orientação deste trabalho, até mesmo antes de ele começar propriamente: a empolgação pela Coordenação Modular ele já havia passado nas aulas da graduação.

Aos professores Ângela Borges Masuero, Beatriz Fedrizzi, Carin Maria Schmitt, Denise Coutinho Dal Molin, João Luiz Campagnolo, Luís Carlos Bonin, Miguel Aloísio Sattler e Ronaldo Bastos Duarte pelos conhecimentos transmitidos durante o curso.

À CAPES, pelo apoio financeiro necessário para a realização deste trabalho, através da bolsa de mestrado.

Aos colegas do NORIE, que fazem dele um “Núcleo” em todos os sentidos. Conheci grandes amigos grandes – Maurício e Jairo – e fortifiquei laços que já existiam: a vocês, minhas grandes amigas grandes – Jocelise e Martina – meu agradecimento pelo companheirismo e ajuda. À querida Dóris pela amizade, pelas conversas e pelos empréstimos. Ao Iuri Jadoski pela disponibilidade em ajudar.

À amiga Maria Janete Schreiber do Nascimento, pela sua ajuda minuciosa.

Aos meus pais, Alexius e Teresinha, pelo amor e pelo exemplo de vida. Aos meus irmãos, César e Carina, pelo carinho, alegria e força.

Ao Marcelo, que sempre demonstrou amor, paciência, bom-humor e apoio em todos os momentos, a minha gratidão e o meu amor.

Entre o semeador e o que semeia há muita diferença. Uma coisa é o soldado, e outra coisa é o que peleja; uma coisa é o governador, e outra coisa o que governa. O semeador e o pregador, é nome; o que semeia e o que prega, é ação; e as ações são as que dão o ser ao pregador. Ter nome de pregador, ou ser pregador de nome, não importa nada; as ações, a vida, o exemplo, as obras, são as que convertem o mundo.

*Vieira (Sermão da Sexagésima, pregado na Capela Real, em Lisboa, no ano de 1655)*

## RESUMO

BALDAUF, A. S. F. Contribuição à implementação da Coordenação Modular da construção no Brasil. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

A Coordenação Modular pode ser entendida como a ordenação dos espaços na construção civil. Surgiu entre a Primeira (1914-1918) e a Segunda (1939-1945) Guerras Mundiais e contribuiu de forma fundamental na reconstrução de edificações residenciais nos países destruídos pela guerra, principalmente na Alemanha, em função da rapidez e da redução de custos proporcionadas pela sua utilização. A partir de então, muitos estudos surgiram, aprofundando o assunto e mostrando os imensos benefícios que a Coordenação Modular trouxe para a racionalização e a industrialização na construção civil em um grande número de países, sendo amplamente difundida e, hoje se sabe, utilizada. O Brasil foi um dos pioneiros, em nível mundial, a aprovar uma norma de Coordenação Modular, a NB-25R, em 1950, tendo os anos 70 e início dos 80 tomados por seus conceitos e estudos a respeito. Apesar disso, poucos objetivos foram alcançados mesmo com toda a promoção para a racionalização da construção. As atuais preocupações com as questões ambientais, de produtividade e de redução de custos no setor são aliados para uma retomada dos estudos de Coordenação Modular, que se mostra como um fator fundamental para que se traga à construção civil os benefícios que a industrialização trouxe a outros setores industriais. Foi realizado um levantamento histórico, em que são abordadas as questões relativas ao uso do módulo na arquitetura e sua evolução até a Coordenação Modular, os princípios e conceitos mais importantes de sua teoria e as ações realizadas em favor de sua implantação no Brasil. As últimas ações identificadas foram as normas publicadas em 1982, pouco antes do fechamento do Banco Nacional da Habitação, até então o principal incentivador da Coordenação Modular. Em seguida a esse hiato de duas décadas em que ficou praticamente esquecida, estudou-se a situação atual da indústria da construção civil sob alguns aspectos e partiu-se em busca do que pode ser feito para a implementação da Coordenação Modular no país. Chegou-se à conclusão de que, apesar dos entraves existentes, o Programa Brasileiro de Produtividade e Qualidade no Habitat (PBQP-H) mostra-se como um instrumento propício para essa implementação, pois, além de contar com o suporte estatal, tem influência sobre todos os intervenientes da cadeia produtiva.

Palavras-chave: coordenação modular; módulo.

## ABSTRACT

BALDAUF, A. S. F. Contribuição à implementação da Coordenação Modular da construção no Brasil. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

The Modular Coordination can be understood as the ordination of spaces in the civil construction. It appeared between the First (1914-1918) and the Second (1939-1945) World-Wars and it contributed in a fundamental way in the reconstruction of residential buildings in the countries destroyed by the war, mainly in Germany, because of the speed and the costs-reduction provided by its use. Since then, many studies appeared, deepening the subject and showing the immense benefits that the Modular Coordination brought for the rationalization and the industrialization in the civil constructing in many countries, being thoroughly diffused and, as we know today, used. Brazil was one of the pioneers, worldwide, to approve a norm of Modular Coordination, NB-25R, in 1950, and had the seventies and beginning of the 80 taken by their concepts and related studies. In spite of that, only a few objectives were reached even with the whole promotion for the rationalization of the construction. The current concerns with environmental subjects, productivity and costs-reduction in this field are combined for a retaking of the studies of Modular Coordination, a fundamental factor for the implementation in the civil construction of the benefits that the industrialization brought to the other industry sectors. A historical study was accomplished, in that related subjects to the use of the module in the architecture and its evolution until the Modular Coordination, the more important principles and concepts of its theory and the actions accomplished in favor of its implantation in Brazil were approached. The last identified actions were the norms published in 1982, just before the closing of the *Banco Nacional da Habitação* (National Habitation Bank), the main incentivador of the Modular Coordination at the time. After a gap of two decades in that it was practically forgotten, a study of the current situation of the civil construction industry under some aspects was made and ways of what can be done for the implementation of the Modular Coordination in the country were followed. The conclusion was reached that, in spite of the existent impediments, the *Programa Brasileiro de Produtividade e Qualidade no Habitat - PBQP-H* (Brazilian Program of Productivity and Quality in the Habitat) stands out as a favorable instrument for that implementation, because, besides counting with the state support, it has influence on all the intervening of the productive chain.

Key-words: modular coordination; module.



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>p. 14</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA DE PESQUISA.....</b>	<b>p.19</b>
2.1	OBJETIVOS DA PESQUISA.....	p. 19
2.1.1	Objetivo principal.....	p. 19
2.1.2	Objetivos secundários.....	p. 19
2.2	LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	p.20
2.3	PRESSUPOSTOS.....	p.20
2.4	TIPO DE PESQUISA.....	p.21
2.5	DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....	p.21
<b>3</b>	<b>ASPECTOS HISTÓRICOS DA COORDENAÇÃO MODULAR.....</b>	<b>p.23</b>
3.1	O MÓDULO.....	p.23
3.1.1	Os gregos.....	p. 23
3.1.2	Os romanos.....	p. 27
3.1.3	Os japoneses.....	p. 29
3.2	REVOLUÇÃO INDUSTRIAL.....	p.30
3.2.1	Do módulo à Coordenação Modular.....	p.32
3.3	SÉCULO XX.....	p.35
<b>4</b>	<b>TEORIA DA COORDENAÇÃO MODULAR.....</b>	<b>p.47</b>
4.1	DEFINIÇÕES DE COORDENAÇÃO MODULAR.....	p.47
4.2	OBJETIVOS DA COORDENAÇÃO MODULAR.....	p.48
4.3	O MÓDULO.....	p.49
4.4	COMPONENTES MODULARES.....	p.51
4.5	INSTRUMENTOS DA COORDENAÇÃO MODULAR.....	p.51
4.5.1	Sistema de referência.....	p.52
4.5.1.1	Reticulado modular espacial de referência.....	p. 53

4.5.1.2	Quadriculado modular de referência ou malha modular.....	p. 54
4.5.2	Sistema modular de medidas.....	p. 55
4.5.2.1	Multimódulos.....	p. 56
4.5.2.2	Submódulos.....	p. 56
4.5.2.3	Medida modular.....	p. 57
4.5.2.4	Medida nominal.....	p. 58
4.5.2.5	Junta nominal.....	p. 58
4.5.3	Sistema de ajustes e tolerâncias ou ajuste modular.....	p. 58
4.5.4	Sistema de números preferenciais.....	p. 59
4.6	PROJETO MODULAR.....	p. 60
4.6.1	Zona neutra.....	p. 60
<b>5</b>	<b>A COORDENAÇÃO MODULAR NO BRASIL.....</b>	<b>p. 63</b>
5.1	ENTIDADES ENVOLVIDAS COM OS ESTUDOS DA COORDENAÇÃO MODULAR NO BRASIL.....	p. 63
5.1.1	Banco Nacional da Habitação.....	p. 63
5.1.2	Centro Brasileiro da Construção Bouwcentrum.....	p. 65
5.1.3	Associação Brasileira de Normas Técnicas.....	p. 66
5.2	ESTUDOS INICIAIS SOBRE A COORDENAÇÃO MODULAR NO BRASIL.....	p. 67
5.3	AÇÕES PARA A IMPLANTAÇÃO DA COORDENAÇÃO MODULAR.....	p. 70
5.3.1	Plano de Implantação da Coordenação Modular da Construção (1970 a 1971).....	p. 70
5.3.1.1	Primeira etapa do Plano de Implantação da Coordenação Modular.....	p. 70
5.3.1.2	Segunda etapa do Plano de Implantação da Coordenação Modular.....	p. 83
5.3.1.3	Terceira etapa do Plano de Implantação da Coordenação Modular.....	p. 86
5.3.2	Noticiário da Coordenação Modular (1969 a 1972).....	p. 87
5.3.3	Exposição itinerante.....	p. 87
5.3.4	Elementos para a avaliação do impacto da racionalização e da Coordenação Modular na indústria de materiais de construção (1978).....	p. 88
5.3.5	Experiência-piloto da Coordenação Modular da construção (1978 a 1980).....	p. 91

5.3.6	Normas técnicas.....	p. 98
<b>6</b>	<b>SITUAÇÃO ATUAL E POSSIBILIDADES DE AÇÕES.....</b>	<b>p. 100</b>
6.1	NORMAS TÉCNICAS DE COORDENAÇÃO MODULAR.....	p.100
6.2	CERTIFICAÇÃO.....	p.102
6.3	ENSINO DE GRADUAÇÃO.....	p.106
6.4	EXEMPLOS DE AVANÇO.....	p.108
6.4.1	Alvenaria racionalizada.....	p.108
6.4.2	Normalização técnica.....	p.110
6.4.2.1	Códigos de edificações.....	p. 115
6.4.3	Manual Técnico de Modulação de Vãos de Esquadrias.....	p.115
6.5	AÇÕES GOVERNAMENTAIS.....	p.117
6.5.1	Código de Defesa do Consumidor.....	p.117
6.5.2	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat.....	p.117
<b>7</b>	<b>ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>p.122</b>
7.1	ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS.....	p.122
7.2	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	p.124
7.3	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	p.127
	REFERÊNCIAS.....	p.129
	APÊNDICE A - Propostas do CBC para as dimensões de componentes modulares.....	p.136
	APÊNDICE B - Exposição itinerante.....	p.141
	APÊNDICE C - Catálogo de vãos modulares, tipologias e esquadrias preferidas.....	p.144

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	vãos normais e de esquina na arquitetura grega .....	p. 24
Figura 2:	casa grega de um pavimento, do ano de 448 a.C.....	p. 25
Figura 3:	as ordens gregas na interpretação de Scamozzi .....	p. 26
Figura 4:	cidade de Emona .....	p. 27
Figura 5:	as medidas modulares romanas .....	p. 29
Figura 6:	residência típica japonesa .....	p. 30
Figura 7:	Palácio de Cristal .....	p. 33
Figura 8:	vista do bairro-operário <i>Weissenhof</i> .....	p. 36
Figura 9:	o <i>Modulor</i> .....	p. 39
Figura 10:	publicação das primeiras normas de Coordenação Modular .....	p. 44
Figura 11:	sistema de referência .....	p. 52
Figura 12:	reticulado modular espacial de referência .....	p. 53
Figura 13:	quadriculados modulares M, 3M e 24M.....	p. 55
Figura 14:	medida modular, medida nominal, junta nominal e ajuste modular.....	p. 59
Figura 15:	zona neutra com blocos girados.....	p. 61
Figura 16:	relação de projetos e propostas de normas .....	p. 85
Figura 17:	experiência-piloto: áreas de atuação, agentes envolvidos e formas de estímulo .....	p. 93
Figura 18:	planejamento geral da experiência-piloto .....	p. 97
Figura 19:	lista das normas referentes à Coordenação Modular publicadas pela ABNT ...	p. 98
Figura 20:	dimensões para tijolo modular de barro cozido, da NBR 5711 .....	p. 110
Figura 21:	dimensões para tijolo maciço cerâmico para alvenaria, conforme a NBR 7170 e a NBR 8041.....	p. 111
Figura 22:	dimensões para blocos cerâmicos, segundo a NBR 7171 e a NBR 8042.....	p. 111
Figura 23:	dimensões para bloco vazado modular de concreto, segundo a NBR 5712 ...	p. 112
Figura 24:	dimensões reais dos blocos modulares e submodulares vazados de concreto simples, segundo a NBR 7173 .....	p. 113

Figura 25: dimensões reais dos blocos modulares e submodulares vazados de concreto simples, conforme a NBR 6136 .....	p. 113
Figura 26: dimensões dos blocos cerâmicos estruturais usuais, segundo o Projeto NBR XX02 .....	p. 114
Figura 27: especificação de espessuras de paredes em Porto Alegre e Novo Hamburgo .....	p. 115
Figura 28: exemplo de relação dimensional entre vãos e esquadrias.....	p. 116

## SIGLAS

- ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas
- AEP: Agência Européia para a Produtividade
- AFEAL: Associação Nacional de Fabricantes de Esquadrias de Alumínio
- AFNOR: Association Française de Normalisation
- AMN: Associação Mercosul de Normalização
- ASA: American Standard Association
- AsBEA: Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
- BNDES: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
- BNH: Banco Nacional da Habitação
- BSI: British Standards Institution
- CBC: Centro Brasileiro da Construção Bouwcentrum
- CIB: Conseil International du Bâtiment pour la recherche l'étude et la documentation
- CIPM: Comitê Internacional de Pesos e Medidas
- COMECON: Órgão Econômico dos Países Socialistas da Europa Oriental
- CONMETRO: Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
- COPANT: Comitê Pan-Americano de Normas Técnicas
- CTECH: Comitê Nacional de Desenvolvimento Tecnológico da Habitação
- DIN: Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemão de Normalização)
- FAU: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
- FGTS: Fundo de Garantia por Tempo de Serviço
- FIMACO: Programa de Financiamento de Materiais de Construção
- IAB: Instituto de Arquitetos do Brasil
- IDEG: Instituto de Desenvolvimento Econômico e Gerencial
- IEC: International Electrotechnical Commission
- IMG: International Modular Group
- INMETRO: Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

ISO: International Organization for Standardization

MEC: Ministério da Educação e Cultura

NBR: Norma Brasileira Registrada

OCDE: Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico

OEA: Organização dos Estados Americanos

OECE: Organização Européia de Cooperação Econômica

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

PSQ: Programa Setorial da Qualidade

PUC: Pontifícia Universidade Católica

SENAI: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SFH: Sistema Financeiro da Habitação

SINDUSCON: Sindicato das Indústrias de Construção

TC: Technical committee

UNI: Ente Nazionale di Unificazione

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil foi um dos primeiros países, em nível 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 seus 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 e 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 a presente pesquisa tem a intenção de colaborar, trazendo novamente 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. Segundo Lucini (2001),



hoje, devido a mudanças econômicas no contexto da produção de edificações, os processos de racionalização e compatibilização construtiva e dimensional voltam a ser considerados como alternativa para a necessária redução de custos e aumento da produtividade, aliados, dessa vez, à qualidade construtiva e ambiental.

Sendo a Coordenação Modular um sistema que qualificou a indústria da construção em um grande número de países, é que se pretende dar, com esta pesquisa, uma parcela de contribuição à sua implementação no país. Esta contribuição pode ser justificada por preceitos econômicos e de sustentabilidade.

Os preceitos econômicos 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.

Recentemente, levando-se em consideração o período em que a Coordenação Modular ficou esquecida, despontaram algumas publicações que remetem ao escopo da presente pesquisa. Uma delas é o resultado de uma mesa redonda promovida pelo SINDUSCON-SP, sobre produtividade, que, em 1998, reuniu vários profissionais da área. Neste artigo Luiz Henrique Ceotto comenta: “Qual a variedade de azulejos que há nos Estados Unidos? Não há muita. Aqui a variedade é grande e muda a cada dois, três meses. Uma quantidade e variedade enormes. Não preciso de toda esta variedade”. E continua:

Temos de regulamentar como vamos financiar a normalização. Por que na Inglaterra a coisa está tão bem mastigada? (...) Cada empresa recolhe compulsoriamente 1% do faturamento para a instituição britânica de normalização. Enquanto não resolvermos a questão do *funding* para o trabalho de normalização e padronização, fica difícil falar em Coordenação no Brasil hoje. Ninguém sabe o que é isso. É palavrão. Um componente pode ter 19 x 19 cm, 21 x 21 cm, 8,5 cm de largura. A argamassa compõe o seu módulo? Não sei. É um absurdo. Qualquer um faz o que quiser, porque ele sabe que vai vender e que alguém, lá na obra, vai quebrar (SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DE CONSTRUÇÃO-SP, 1998).

Maria Angélica Covelo Silva coloca, no mesmo artigo:

O que acontece no mundo todo? Tem a questão do dinheiro, de um lado, mas a falta de entendimento, de outro lado. O que temos no Brasil, hoje, é um afastamento brutal entre os agentes da cadeia produtiva e cada um arvora-se o direito de fazer qualquer coisa sem o menor envolvimento com os demais. É o que é melhor para mim (SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DE CONSTRUÇÃO-SP, 1998).

No seminário “Tecnologia de estruturas: projeto e produção com foco na racionalização e qualidade”, promovido pelo SINDUSCON-SP, em 1999, foi apontado como um dos problemas enfrentados na construção civil no Brasil a não utilização da Coordenação Modular. “Isso dificulta, por exemplo, a adoção de fôrmas metálicas” (SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DE CONSTRUÇÃO-SP, 1999).

E sobre a modulação:

A modulação é umas das necessidades do nosso mercado. Um dos componentes que mais se desperdiçam numa obra são as cerâmicas de revestimento, por causa dos cortes. A modulação acaba com isso (SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DE CONSTRUÇÃO-SP, 1999).

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 destes componentes e, por fim, de sobras destes 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.

Agopyan coloca que, além de o desperdício se tornar uma questão ambiental, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) prevê uma co-responsabilidade entre o gerador e o transportador do entulho da construção. “De qualquer maneira, entulho significa custo” (TÉCHNE, 2001).

Face a esses 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 esta, um hiato de décadas separa os dias de hoje dos primeiros estudos e publicações sobre o assunto. Apesar 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. O que poderia ser feito para implementar a Coordenação Modular na indústria da construção civil no Brasil? Esta pergunta, motivadora da pesquisa, levou à decisão de estudar primeiramente o que foi feito anteriormente, como está hoje e, por fim, o que pode ser feito a partir deste cenário.

Em função tanto da abrangência do tema, que dá margem a diferentes abordagens, quanto pela lacuna bibliográfica de vários anos, que distancia os fatos, tornando-os menos palpáveis, a presente pesquisa tem um caráter exploratório. Dessa forma, também serve de base para outras pesquisas que já estão sendo realizadas, em uma tentativa de resgatar os princípios da Coordenação Modular e buscar novas alternativas para que ela seja realmente implementada, trazendo seus benefícios a todos os intervenientes<sup>1</sup> da cadeia produtiva da indústria da construção civil.

Para uma compreensão global do trabalho, apresenta-se a seguir a estrutura do mesmo, com a descrição dos capítulos que o constituem e seus respectivos conteúdos.

O primeiro capítulo, **Introdução**, faz a apresentação do trabalho, sua justificativa e a indicação do seu conteúdo.

O Capítulo 2, **Metodologia de Pesquisa**, apresenta como a pesquisa foi realizada, mostrando seus objetivos, suas limitações e a descrição do seu processo de desenvolvimento.

Para que se tenha um entendimento de como surgiu a Coordenação Modular, o Capítulo 3, **Aspectos Históricos da Coordenação Modular**, apresenta a sua evolução histórica em nível mundial: do uso do módulo na arquitetura clássica, até a sua consolidação, em meados do século XX.

O capítulo 4, **Teoria da Coordenação Modular**, apresenta seus conceitos, objetivos e fundamentos mais importantes.

---

<sup>1</sup> Para esta pesquisa são considerados como intervenientes da cadeia produtiva os agentes governamentais, os agentes normalizadores, os agentes certificadores, os projetistas, os fabricantes de componentes, os executores e os consumidores.

O capítulo 5, **A Coordenação Modular no Brasil**, contempla as ações realizadas no Brasil em prol da implantação da Coordenação Modular na indústria da construção civil.

O Capítulo 6, **Situação Atual e Possibilidades de Ações**, apresenta uma síntese do comportamento de alguns intervenientes da cadeia produtiva da construção civil e aborda ações que podem servir de meio para a implementação da Coordenação Modular.

E o Capítulo 7, **Análise dos Dados Obtidos e Considerações Finais**, trata a análise dos documentos estudados, delineando sugestões tanto para a implementação da Coordenação Modular, quanto para o desenvolvimento de futuros trabalhos.

## 2 METODOLOGIA DE PESQUISA

O capítulo referente à metodologia esclarece o que a pesquisa pretende apresentar e de que forma foi realizada.

### 2.1 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa são divididos em principal e secundários.

#### 2.1.1 Objetivo principal

O objetivo principal estabelecido para a presente pesquisa é identificar possibilidades de ação atuais para a implementação da Coordenação Modular na indústria da construção civil no Brasil, para que seja absorvida e aplicada por todos os intervenientes da cadeia produtiva.

#### 2.1.2 Objetivos secundários

Alguns objetivos secundários orientam o desenvolvimento do trabalho:

- a) fazer um levantamento das ações desenvolvidas para a implantação da Coordenação Modular no Brasil, identificadas como correspondendo ao período de 1946 a 1982;
- b) diagnosticar entraves existentes - antigos e atuais - para a sua aplicação;
- c) sensibilizar os profissionais da área de Arquitetura e Engenharia Civil para o tema.

## 2.2 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Podem ser apontadas como limitações da pesquisa:

- a) utilizar um grande volume de bibliografia datada das décadas de 50, 60, 70 e 80, visto que o assunto teve sua formatação teórica em nível mundial durante este período. Também os estudos sobre a Coordenação Modular no Brasil se concentram principalmente dos anos 70 e início dos 80. Após os primeiros anos da década de 80, o número de publicações se reduziu de forma significativa, restringindo-se a alguns trabalhos isolados, direcionados geralmente para aspectos específicos de habitação popular ou alvenaria estrutural;
- b) no levantamento de ações realizadas em prol da implantação da Coordenação Modular no Brasil, não foi possível identificar se as atividades mencionadas foram efetivadas até o ponto a que se propunham, nem a que resultados chegaram;
- c) caracterizar-se por trazer uma fundamentação teórica da Coordenação Modular que aborda apenas os seus conceitos e princípios mais elementares.

## 2.3 PRESSUPOSTOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa adotou-se como pressupostos que:

- a) a Coordenação Modular é uma estratégia válida para o desenvolvimento tecnológico da construção civil brasileira, a exemplo da experiência de outros países;
- b) foram realizados estudos e ações no intuito de implantar a Coordenação Modular no Brasil;
- c) apesar disso, na indústria da construção civil, subsetor edificações no Brasil, os princípios de Coordenação Modular não são adotados;

- d) existem trabalhos que estão sendo realizados hoje no Brasil que podem servir de meio para a implementação da Coordenação Modular.

## 2.4 TIPO DE PESQUISA

A pesquisa se caracteriza por ser do tipo exploratória. Segundo Gil (1988), a pesquisa exploratória tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. “Pode-se dizer que este tipo de pesquisa tem como objetivo principal o aprimoramento de idéias ou a descoberta de intuições” (SELLTIZ et al., 1967 apud GIL, 1988).

Através deste estudo exploratório, foram levantadas ações realizadas em favor da implantação da Coordenação Modular no Brasil e as possibilidades de ação atuais. Por ser uma pesquisa exploratória, ou seja, uma pesquisa para se reconhecer problemas e motivações relativos ao tema abordado, não há um caráter conclusivo ao final do trabalho. A partir dos aspectos pesquisados e, posteriormente, analisados, foram traçadas sugestões que podem ser utilizadas no Brasil como forma de ajudar a implementação da Coordenação Modular. Esta pesquisa busca retomar o assunto da Coordenação Modular aqui no Brasil, recolocando o tema em pauta.

## 2.5 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

O desenvolvimento desta pesquisa se deu fundamentalmente através de pesquisa bibliográfica, realizada a partir da leitura de obras das quais foi possível extrair informações que se relacionassem com o problema da pesquisa. Essas informações foram compiladas, formando uma revisão bibliográfica sobre o assunto, no que se refere:

- a) ao surgimento e à evolução histórica da Coordenação Modular;
- b) à fundamentação teórica dos seus princípios básicos;
- c) ao estudo de documentos sobre ações já realizadas no Brasil em prol de sua implantação;

- d) ao levantamento do comportamento de agentes da cadeia produtiva hoje, e ações que podem servir de meio para a aplicação dos princípios da Coordenação Modular na indústria da construção civil do país.

As obras utilizadas para a pesquisa foram livros, periódicos, dissertações, teses, artigos, normas, leis e demais documentos relativos ao assunto.



### 3 ASPECTOS HISTÓRICOS DA COORDENAÇÃO MODULAR

Este capítulo tem por objetivo fazer uma revisão bibliográfica da Coordenação Modular sob um aspecto histórico.

Historicamente, o uso de um módulo de projeto aparece em várias composições arquitetônicas clássicas. Daí decorre a motivação de começar-se este capítulo por seu estudo e evolução, para, então, chegar-se à discussão da Coordenação Modular propriamente dita.

#### 3.1 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;
- b) quantidade que se toma como unidade de qualquer medida.

A utilização do módulo em uma retrospectiva na história da Arquitetura leva à interpretação clássica dos gregos, sob um caráter estético; dos romanos, sob um caráter estético-funcional e dos japoneses, sob um caráter funcional (ROSSO, 1976).

##### 3.1.1 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 deste módulo, criavam-se todas 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 das mesmas 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.

Baseados neste 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.

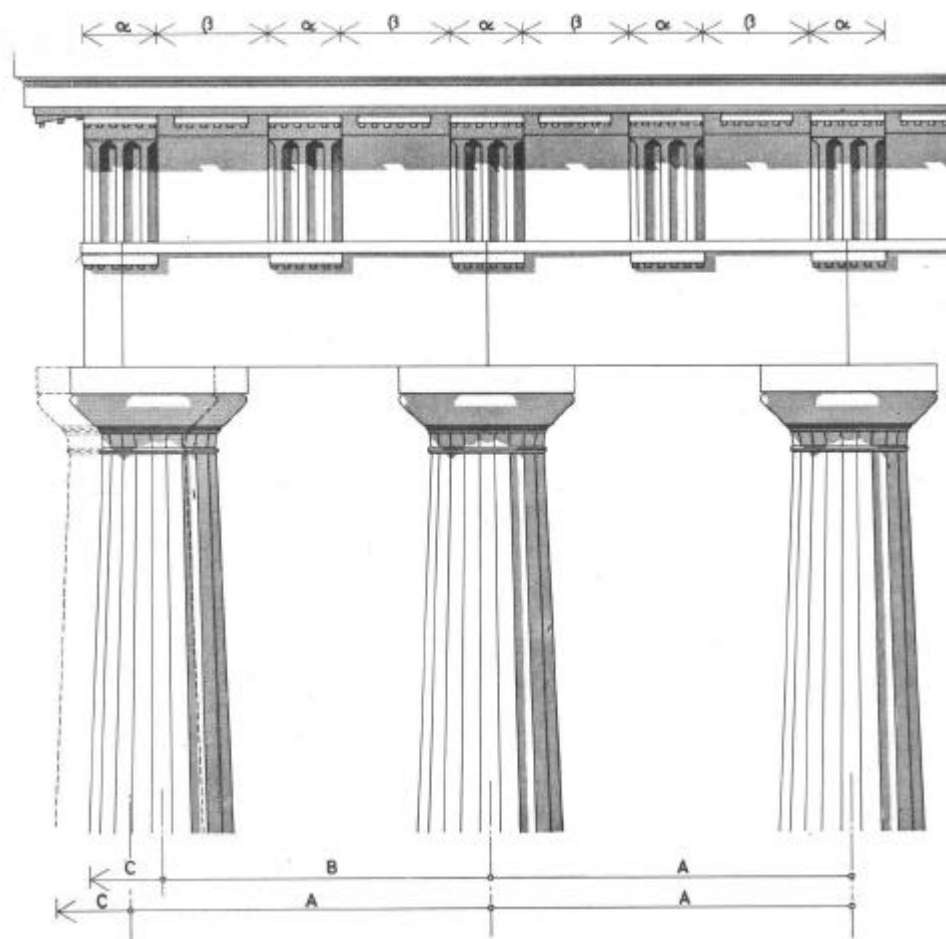


Figura 1: vãos normais e de esquina na arquitetura grega (NISSEN, 1976)

Ainda contemplando esta questão estética da arquitetura grega, a figura 2 mostra uma residência de um pavimento, onde as 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).

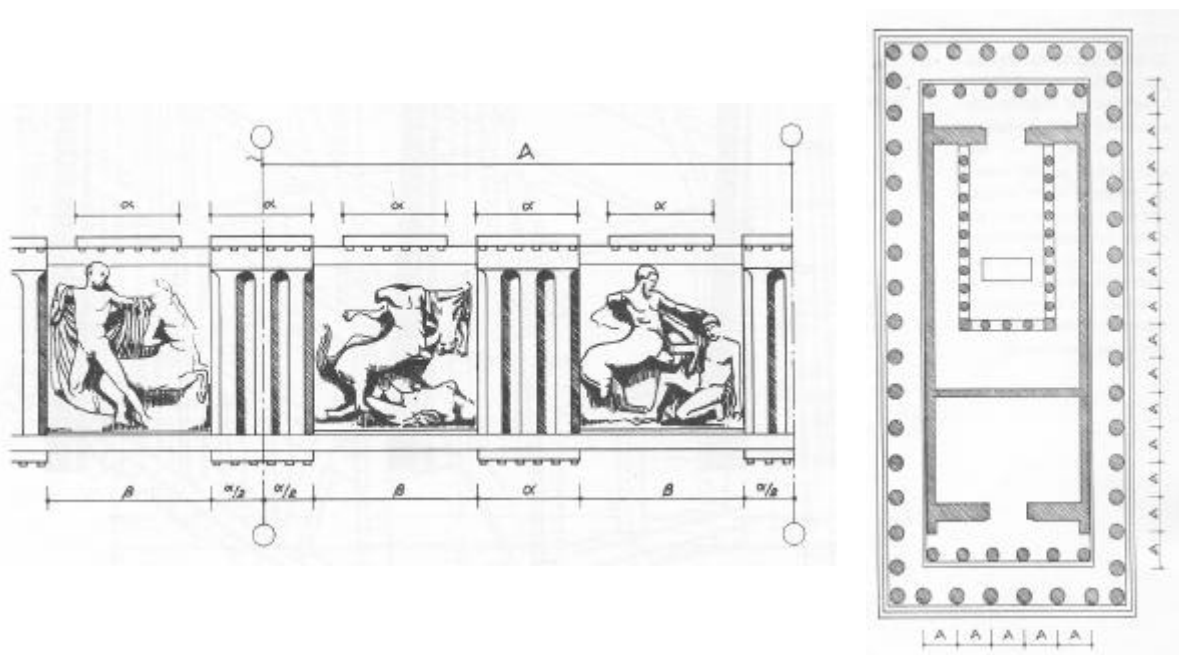


Figura 2: casa grega de um pavimento, do ano de 448 a.C. (NISSEN, 1976)

Mesmo sendo o diâmetro da coluna a dimensão moduladora da arquitetura grega, o tamanho das colunas variava conforme a edificação. Sendo assim, as ordens gregas - 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, em uma ilustração gravada em madeira, em 1615, pelo arquiteto italiano Vincenzo Scamozzi.

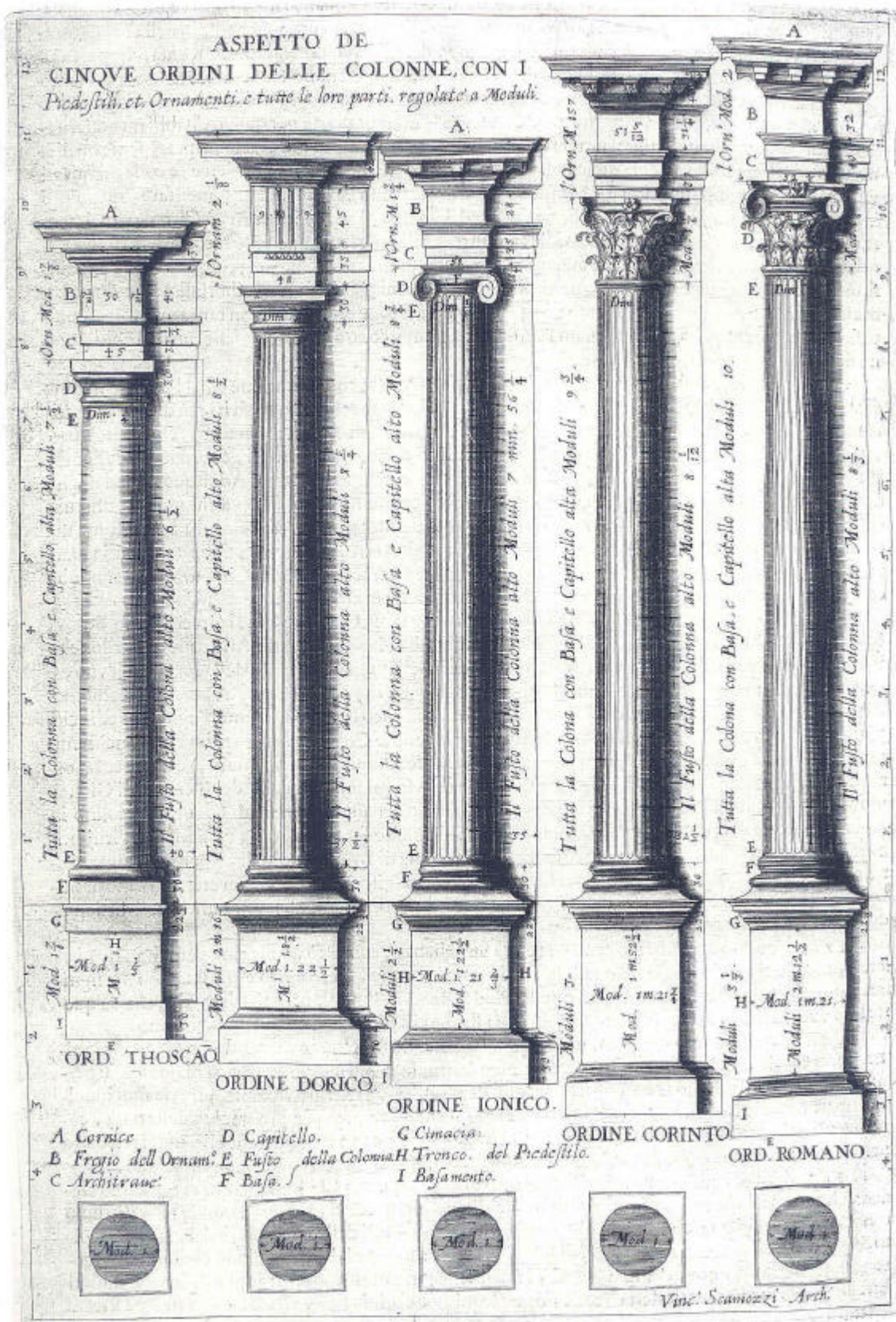


Figura 3: as ordens gregas na interpretação de Scamozzi (BIERMANN et al., 2003)

### 3.1.2 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.

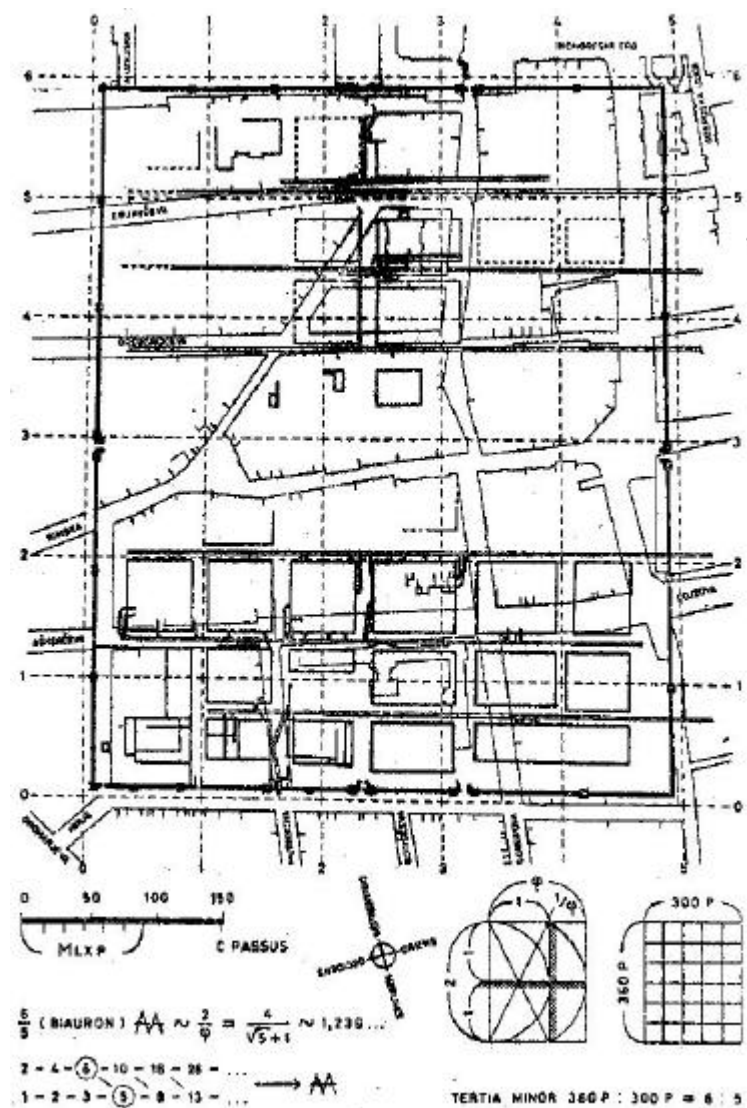


Figura 4: cidade de Emona (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1972)

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 BOUWCENTRUM, 1972).

Mas a propriedade mais importante das séries dimensionais romanas no que tange à composição consiste, segundo Kurent, no que Vitruvius, arquiteto romano do século I a.C., chamava de *ratio symetriadum*<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 BOUWCENTRUM, 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 BOUWCENTRUM, 1972).

---

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

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 (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).

### 3.1.3 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, mas evoluindo até tornar-se um módulo que regia toda a estrutura, os materiais e os espaços da arquitetura japonesa.

Com a trama modular do *ken* se instauraram 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 ½ 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 poderem 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 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 nesta 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).

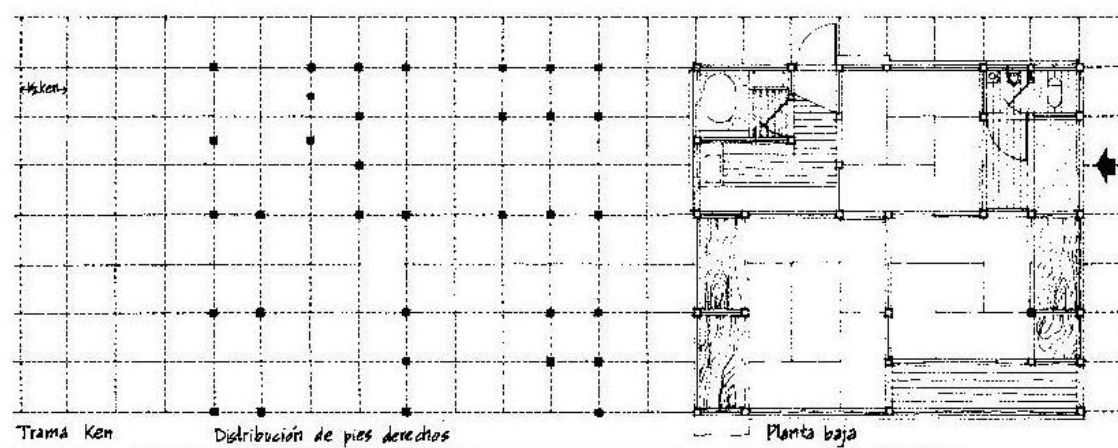


Figura 6: residência típica japonesa (CHING, 1998)

### 3.2 REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Um panorama geral sobre a revolução industrial é dado por Grisotti (1965):



O primeiro progresso ocorrido em consequência da revolução industrial foi a rápida melhoria e expansão dos transportes, causada sem dúvida pela necessidade de distribuir o carvão. As reservas florestais inglesas estavam se esaurindo a tal ponto que faltava combustível para uso doméstico, e as indústrias siderúrgicas pretendiam transferir-se para as florestas virgens da América e da Escandinávia. Foi criada então uma rede de canais, construída pelos proprietários das minas e pelos grupos que especulavam sobre direitos de passagem (pedágios) consentidos pela legislação. Por certo os canais permitiram assegurar às regiões industriais do Norte e dos Midlands as vantagens do porto de Londres, mas tiveram, muito rapidamente, de integrar-se à rede ferroviária. Ainda que a construção dos primeiros trilhos date de 1767, foi somente no princípio do século XIX que se abriram os primeiros troncos ferroviários, com tração animal, para uso público. Foi em torno de 1830 que a tração a vapor, tendo se afirmado vantajosamente num plano de concorrência econômica, iniciou um serviço regular na linha Manchester-Birmingham. Em 1846 o Estado interveio para frear a desordem e as especulações nascidas em torno da nova iniciativa: fixou limites de velocidade, frequências, tarifas e, finalmente, impôs uma única bitola e um horário coordenado. Processo análogo verificou-se na França onde, desde 1842 o Estado participava com 50% dos custos de implantação e gestão das estradas de ferro, cuja coordenação, no plano nacional, há muito vinha sendo processada.

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).

Para Bruna (1976),

Num primeiro momento, a história da arquitetura moderna confunde-se com a história da industrialização e, mais precisamente, com a história do progresso tecnológico. Foram as novas exigências por melhores transportes, pontes e canais, por edifícios industriais maiores e mais resistentes, por edifícios públicos, como as estações das estradas de ferro, portos e armazéns e os edifícios para as exposições universais, que caracterizavam o fim do século XIX, solicitando o uso de novos materiais, como o ferro fundido e o vidro, e dando forma a uma nova linguagem que, hoje reconhecemos, estão na origem da arquitetura moderna.

Mas o autor complementa: “Na realidade, 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”. 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.

### 3.2.1 Do módulo à Coordenação Modular

Segundo Rosso (1976), a primeira aplicação moderna da Coordenação Modular foi o Palácio de Cristal, projetado por Joseph Paxton e construído entre 1850 e 1851 para a Exposição Universal de Londres. Comenta o autor que

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.

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 Horeau (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 deste 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 9 meses (HITCHCOCK apud BRUNA, 1976). Isso foi possível graças ao rigoroso estudo e detalhamento feito pelos engenheiros Charles Fox e de seu sócio Henderson, 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 serem produzidos em massa, com as técnicas de fundição existentes na época, permitindo sua montagem e desmontagem (BRUNA, 1976).

O pavilhão de 71500 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, 1440 cm, 2160 cm, respectivamente) determinaram as posições e as dimensões de todas as peças (GÖSSEL; LEUTHÄUSER, 1991).

Uma das modificações do projeto original de Paxton foi o acréscimo de uma abóbada de madeira laminada na nave central para acomodar um grande número de olmos<sup>3</sup> existentes no local (GÖSSEL; LEUTHÄUSER, 1991), resultando em um pé-direito bastante alto. Segundo Bruna (1976), este espaço foi mais rapidamente apreciado quando da inauguração, do que a longa nave central, pois apresentava para o grande público uma linguagem mais familiar. Por este motivo, quando o Palácio de Cristal foi desmontado e remontado na cidade de Sydenham em 1852-54, a nave principal também foi executada com arcos, ainda que, desta vez, em ferro fundido (BRUNA, 1976). O Palácio de Cristal permaneceu em Sydenham até ser destruído por um incêndio em 1936. 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)

---

<sup>3</sup> Segundo Ferreira (1999), olmo é uma árvore da família das ulmáceas (*Ulmus campestris*), própria da Europa e ausente dos trópicos, que tem folhas simples e dísticas, exíguas flores, monoclamídeas, fruto drupáceo, e cuja madeira tem importância local.

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.

Segundo Ragon (apud BRUNA, 1976):

Se os críticos e *experts* não o compreenderam no seu devido tempo, quando de sua inauguração o Palácio de Cristal causou enorme sensação popular. Provavelmente não foi somente o uso do ferro e do vidro, já amplamente empregados nas estações de estradas de ferro e nas estufas dos jardins botânicos, mas na aparente indefinição, pois a vista não encontrava paredes limites, mas corria livremente, impossibilitada de abraçar todo o edifício de uma só vez. Para esse efeito contribuía, sem dúvida, as dimensões exíguas dos elementos face aos vãos e sua repetição; o módulo fundamental repetia-se duzentas e trinta vezes na nave principal somente interrompido pelo transepto descrito como “uma ofuscante faixa de luz que se dissolve num fundo longínquo onde cada elemento natural dissolve-se na atmosfera [...]”. Este caráter repetitivo e a idéia de *standard* intrínsecos ao sistema construtivo e associados às possibilidades industriais da época foram apreciados pelos observadores, como, por exemplo, por Blanqui que nas suas *Lettres sur L'Exposition Universelle de Londres* escreveu: “a primeira impressão que sensibiliza o espectador, neste maravilhoso monumento, construído tão rapidamente, é seu tamanho, sua simplicidade e sua elegância. Suas proporções foram asseguradas com uma arte extrema e uma precisão matemática. Um comprimento normal de 24 pés foi tomado como unidade em todas as peças de ferro que entraram em sua construção. Queremos levantar o prédio? Colocam-se duas peças de vinte e quatro pés para obter uma de quarenta e oito; queremos subir mais ainda? Junta-se mais uma para chegar a setenta e dois. Ao longo e ao largo, em todos os sentidos, sempre múltiplos de vinte e quatro pés. Resultou um palácio construído com peças de ferro fundido de mesmo comprimento, ligadas umas às outras por simples parafusos e porcas, quase todas fundidas no mesmo molde.

O Palácio de Cristal parece ter sido realmente representativo. Em poucos anos, inúmeras estruturas semelhantes foram erguidas em todo o mundo. A firma Fox & Henderson construiu, em 1852, com os mesmos elementos do Palácio de Cristal, a estação Midland, em Oxford. A firma E. T. Bellhouse, de Manchester, começou a produzir casas para os emigrantes que iam para os Estados Unidos e Austrália. O engenheiro Romand transportou

para a Martinica um hospital militar completo, em peças pré-fabricadas que foram montadas a seco no local. Em princípios de 1867, nada existia sobre o território que seria a cidade de Cheyenne. Em menos de três meses, chegaram mais de três mil casas pré-fabricadas e, mesmo depois de montadas, elas eram transportadas de um lugar para outro sobre pesados veículos. “Simultaneamente às noções de industrialização parecem estar presentes também as noções de flexibilidade e mobilidade que a arquitetura atual persegue tenazmente” (GRISOTTI, 1965).

Em vista destes exemplos e de muitos mais que poderiam ser elencados, para Bruna (1976) 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.

### 3.3 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 desta 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>4</sup> declarou que era preciso que as casas fossem produzidas em série, em fábricas com linhas de montagem como 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>5</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 cimento amianto. Na casa de *Weissenhof*, a planta era

---

<sup>4</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>5</sup> Este bairro foi criado na cidade de Stuttgart; onze arquitetos participaram dos projetos das residências, nas quais puderam mostrar a “nova” arquitetura: a moderna.

modular e na “Casa Ampliável” Gropius obtinha o crescimento da edificação por adição de alguns corpos volumétricos. Para Grisotti (1965) estas 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 preocupações 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.



Figura 8: vista do bairro-operário *Weissenhof* (BIERMANN et al., 2003)

Mas o primeiro que desenvolveu a possibilidade de utilizar um módulo para os propósitos da indústria moderna foi Alfred Farwell Bemis (CAPORIONI; 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>6</sup>, voltada para as necessidades da industrialização (ROSSO, 1976). Bemis indicou 4 polegadas como dimensão do módulo, pois acreditava ser este 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) tornaram-se 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 Estados Unidos, que publicou 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 12,5cm. 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).

---

<sup>6</sup> Módulo aplicado à industrialização (ROSSO, 1976).

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 fibro-cimento 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 àquelas necessárias à produção industrial (PADOVAN, 1999). Para que atingisse tal objetivo, Le Corbusier fundamentou *Le Modulor*, publicado em 1948, na matemática, utilizando as dimensões estéticas da seção áurea<sup>7</sup> e da série de Fibonacci<sup>8</sup> e nas proporções do corpo humano, através das dimensões funcionais (CHING, 1998). Em 1954, publicou o segundo volume: *Le Modulor II*.

Para Le Corbusier o módulo era um fator de multiplicação de 1,618... (número de ouro). A trama básica do *Modulor* era composta por três medidas: 113 cm, 70 cm e 43 cm. Estas medidas são proporcionais à seção áurea:  $43 + 70 = 113$ ;  $113 + 70 = 183$ ;  $113 + 70 + 43 = 226$ . As medidas 113, 183 e 226 definem o espaço que a figura humana ocupa, respectivamente à altura do plexo solar, estatura e um homem de braços levantados. A partir das medidas 113 e 226, Le Corbusier desenvolveu, respectivamente, as séries Vermelha e Azul, escalas descendentes das dimensões relacionadas com a estatura humana (figura 9). Ele

---

<sup>7</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>8</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. Este 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 número, obtém-se o 3º; somando-se o 2º com o 3º, obtém-se o 4º e assim por diante.



se baseou na estatura de 1,83 m por considerar que esta seria o melhor padrão, a ser usado por qualquer raça, em qualquer parte do mundo (LE CORBUSIER, 1953).

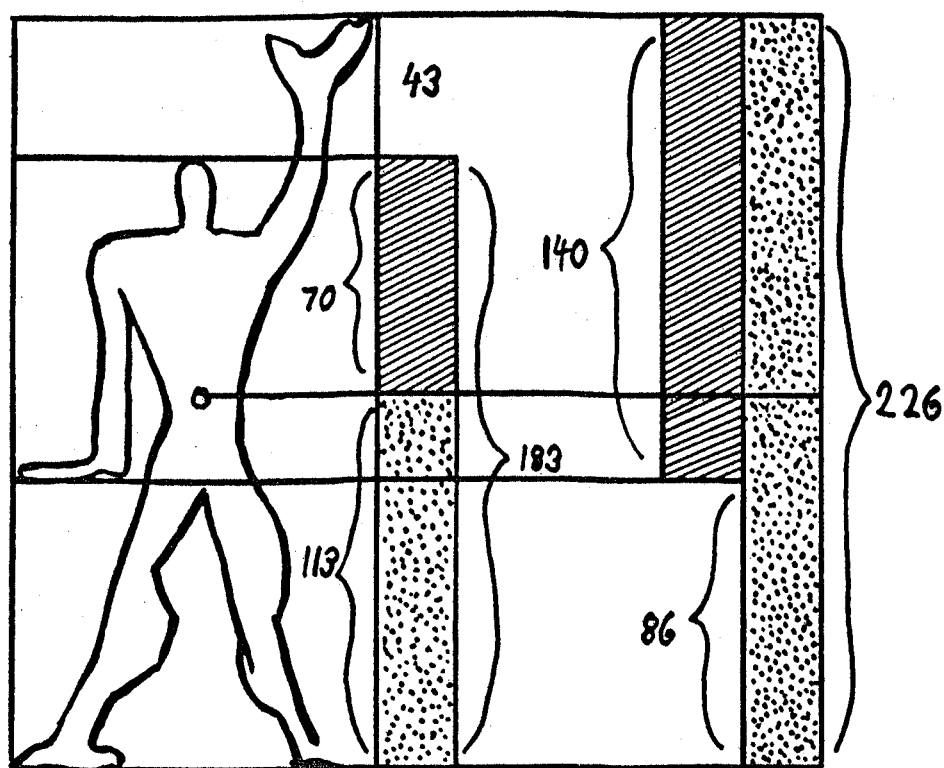


Figura 9: o *Modulor* (LE CORBUSIER, 1953)

Apesar de toda essa disciplina dimensional do *Modulor* dar um sentido harmônico às suas dimensões-chave, suas aplicações eram restritas. Isso se dá pelo fato de ter sido pensado mais em termos de instrumento de controle de arquitetura, do que como elemento de coordenação entre concepção de projeto e produção industrializada da construção (LISBOA, 1970). Para Ching (1998) o obstáculo gerado pelo uso da proporcionalidade antropomórfica é o tipo de dados necessários para sua aplicação: os padrões dimensionais devem ser usados com muita precaução, pois as dimensões reais das pessoas variam segundo a idade, o sexo e a raça. No entanto, isto não tira o seu mérito de ter contribuído para uma abordagem mais ampla do tema com outras motivações além da tecnicista almejando uma síntese de módulo-medida<sup>9</sup> com o módulo-objeto (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970a).

Para Le Corbusier, no entanto, o *Modulor* não era uma simples série numérica provida de uma harmonia intrínseca, mas um “sistema de medidas que podia governar sobre as longitudes, as

<sup>9</sup> Módulo utilizado com finalidades práticas (ROSSO, 1976).

superfícies e os volumes, e manter a escala humana em todas partes. Pode prestar-se a uma infinidade de combinações, garantir a unidade na diversidade... o milagre dos números” (LE CORBUSIER, 1953).

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 estes 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 a nível de cooperação internacional (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970a).

Em 1946, os trabalhos de Bergvall e Dahlberg foram publicados com o título de *Report on Modular Coordination* (Informe sobre a Coordenação Modular), em Estocolmo, em 1946. Nele foi estruturada a aplicação da Coordenação Modular. Nos Estados Unidos, continuaram os estudos e, entre 1945 e 1946, foi elaborado o Projeto A-62, do qual foram feitas três publicações, segundo BNH/IDEG (1976):

- a) A-62.1: *American Standard Basis for the Coordination of Dimensions Building Materials and Equipment*;
- b) A-62.2: *American Standard Basis for the Coordination of Masonry* e
- c) A-62.3: *American Standard Sizes of Clay and Concret Modular Masonry Units*.

Na Inglaterra, no ano de 1947, em função dos resultados então obtidos pelos estudos realizados sobre a Coordenação Modular durante a Segunda Guerra, o *Building Divisional Council* da *British Standard Institution* criou uma comissão especial encarregada de estudar a proposta da *International Organization for Standardization (ISO)* e suas possíveis aplicações na indústria civil inglesa (CAPORIONI; GARLATTI; TENCA-MONTINI, 1971).

Em 1949, o *Ente Nazionale di Unificazione* (UNI), criado em 1945, publicou a primeira norma oficial da Itália sobre o assunto, a UNI 2951. Seguiram-se a ela debates e experimentos por ocasião da 8ª Trienal de Milão.

Ainda no mesmo ano, um Comitê da 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).

Face a 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 nível internacional. Fixada esta necessidade de cooperação internacional, a AEP decidiu organizar um plano especial para o estudo da Coordenação Modular.

Este plano teve início em novembro de 1953, com a reunião de um grupo para examinar um memorando da delegação da Grã-Bretanha sobre a Coordenação Modular. 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 experiências de cada um dos países, 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 desenvolvê-la.

No ano de 1954, a AEP firmou um contrato com as organizações responsáveis dos países participantes, constituindo um grupo de trabalho. A secretaria técnica foi encomendada à *British Standard Institution* e, durante os oito meses seguintes, foram redigidos 8 informes. Sobre esta base, a secretaria técnica elaborou um informe internacional: A Coordenação Modular da Construção - Projeto 174, que foi aprovado por um grupo de redação. Este informe prestou os resultados do trabalho efetuado na primeira fase e analisou as propostas apresentadas pelos países participantes, bem como as dificuldades que deveriam ser superadas (CAPORIONI; GARLATTI; TENCA-MONTINI, 1971).

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

Nessa mesma reunião da AEP de 1955, foram fixadas algumas resoluções (CAPORIONI; GARLATTI; TENCA-MONTINI, 1971):

- a) na segunda fase do projeto AEP número 174, dever-se-ia trabalhar na determinação de sistemas modulares que apresentassem maior proximidade possível com um só módulo, e dimensões semelhantes para cada país;
- b) no que diz respeito às dimensões, foi proposto que os países participantes estudassem, de modo particular, a utilização do módulo de 10 cm (ou 4 polegadas);
- c) no que se refere à natureza do sistema, foi proposto, igualmente, que os países estudassem a eleição sistemática dos múltiplos preferidos;
- d) estabeleceu-se, por último, que as soluções particulares determinadas por necessidades ou situações de alguns países, deveriam focar da melhor maneira possível objetivos bem definidos. Na Alemanha, por exemplo, a norma DIN 4172 previu a introdução de um módulo de 12,5 cm, junto ao módulo de 10 cm, considerando que esta dimensão é a mais prática para obter a combinação da alvenaria com ladrilhos que sejam modulares; no entanto, para o resto se utiliza um múltiplo de uma fração, com o qual se cumpre a segunda resolução.

Em 1956, houve a publicação do primeiro relatório sobre o Projeto AEP 174 (ROSSO, 1976), recomendando aos participantes a utilização do módulo de 10 cm para os países que utilizavam o sistema métrico ou o de 4 polegadas para aqueles que utilizavam o sistema pé-polegada. No momento desta primeira publicação da AEP, cinco dos onze países participantes

- Bélgica, França, Itália, Suécia e Noruega - haviam normalizado o módulo-base de 10 cm (CAPORIONI; GARLATTI; TENCA-MONTINI, 1971).

Para cumprir as resoluções fixadas na reunião, foi construído, em cada país, um determinado número de edifícios que caracterizavam e comprovavam a aplicação prática dos princípios enunciados no primeiro informe. 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.

Na reunião realizada em Paris em junho de 1957 pelo subcomitê TC-59 da ISO, foi realizada uma votação 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, Índia, Polônia, Japão, Iugoslávia e alguns países da América do Sul. Também alguns países da África meridional estudaram a possibilidade de utilizar o módulo de 4 polegadas.

Ainda em 1957, é formada a Associação de Normas Modulares para a Construção, uma sociedade americana sem fins lucrativos, com o intuito de desenvolver normas modulares. Estas tiveram início com o projeto A-62 da *American Standard Association*, que promoveu o uso do sistema modular nos Estados Unidos. Os quatro patrocinadores da *Modular Building Standard Association* foram o Instituto Americano de Arquitetos, o Conselho de Produtores, a Associação de Empreiteiros da América e a Associação Nacional de Construtores de Habitações (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970b).

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 publicação do 2º relatório sobre o projeto da AEP foi em 1961, no qual foram divulgados 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 nesta fase não teve somente como objetivo o de 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 o da utilização de dimensões inferiores ao módulo e da 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.

País	Módulo	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
Bielorússia	10 cm	1962
Holanda	10 cm	1965
Inglaterra	4 polegadas	1966

Figura 10: publicação das primeiras normas de Coordenação Modular (adaptado de TECHNISCHE HOCHSCHULE HANNOVER, 1967)

O IMG publicou, em 1967, os *Condensed Principles on Modular Coordination*, definidos em reunião plenária realizada em Varsóvia. E, no mesmo ano, uma missão canadense esteve na Europa com o intuito de estudar o uso de componentes de aço na construção industrializada.

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, 1970c). Ainda segundo o Centro Brasileiro da Construção Bouwcentrum (1971b), o manual estimulava, através da 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 e excluindo, por outro lado, o sistema fechado, que utiliza componentes especialmente desenhados e fabricados para um projeto específico.

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 (DEUTSCHE INSTITUT FÜR NORMUNG, 1984).

Na Inglaterra, a adoção do sistema de medida métrico ocorreu em 1972 (NISSEN, 1976), apesar da 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).

Segundo Nissen (1976), os trabalhos sobre normalização surgiram inicialmente em nível internacional, principalmente na indústria de ferro e aço, porque foi este o setor em que o

comércio internacional tinha maior necessidade de acordos comuns. Mas, a partir da Segunda Guerra Mundial, com a necessidade de troca de mercadorias entre os países, a necessidade de uma coordenação internacional de dimensões para a edificação tornou-se urgente, objetivando conseguir um sistema modular internacional comum a todos os países.

Este capítulo mostrou um histórico da Coordenação Modular, da antigüidade clássica até o início da década de 70, quando a sua teoria teve uma formatação mais definitiva. Para fins de um melhor entendimento sobre o assunto, o próximo capítulo esclarece os conceitos mais importantes e mais utilizados nessa teoria.



## 4 TEORIA DA COORDENAÇÃO MODULAR

Este capítulo apresenta uma revisão sobre os princípios e aspectos mais relevantes da teoria da Coordenação Modular sem, no entanto, abranger o detalhamento de componentes e de projeto modular.

### 4.1 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 ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), 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” ([1975?]). 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 predeterminado (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**”.

## 4.2 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 co-responsáveis pela busca do sucesso.

Em função deste envolvimento conjunto, podem ser formulados diversos objetivos específicos, que se relacionam mutuamente, ocorrendo de forma simultânea e interligada, sendo 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**, através do 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 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 M. Dessa forma rumam-se à **industrialização aberta**<sup>10</sup>.

A padronização dos componentes, segundo Rosso (1976), ainda **viabiliza as exportações**, abrindo a possibilidade de os produtos circularem internacionalmente. Segundo o mesmo

---

<sup>10</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.

autor, esta estratégia foi usada por diversos países europeus, como Dinamarca, Espanha, França e Itália, para desenvolver as exportações e equilibrar a balança comercial.

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**, que significa, de forma simplificada, facilitar a etapa de execução (OLIVEIRA, M., 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 vantagens o **controle eficiente de custos e de produção**.

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

### 4.3 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). Desde 1950, com a publicação da NB-25R, o Brasil já adota o decímetro como módulo.

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;
- 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 eleito 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) a dimensão do módulo deve ser eleita por unanimidade dos países que pretendem adotar a Coordenação Modular e será, 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 da medida de 10 cm ou 4 polegadas como módulos-base, que já haviam sido propostos na reunião de agosto de 1955 (BUSSAT, 1963).

#### 4.4 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.

Estes três critérios asseguram as condições de adição e combinabilidade entre todos os componentes (EUROPEAN PRODUCTIVITY AGENCY, 1962).

#### 4.5 INSTRUMENTOS DA COORDENAÇÃO MODULAR

Para que estes critérios sejam exequíveis, a Coordenação Modular dispõe de 4 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.

#### 4.5.1 Sistema de referência

O sistema de referência é formado por pontos, linhas e planos em relação ao qual fica determinada 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 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  $y'z'$ .

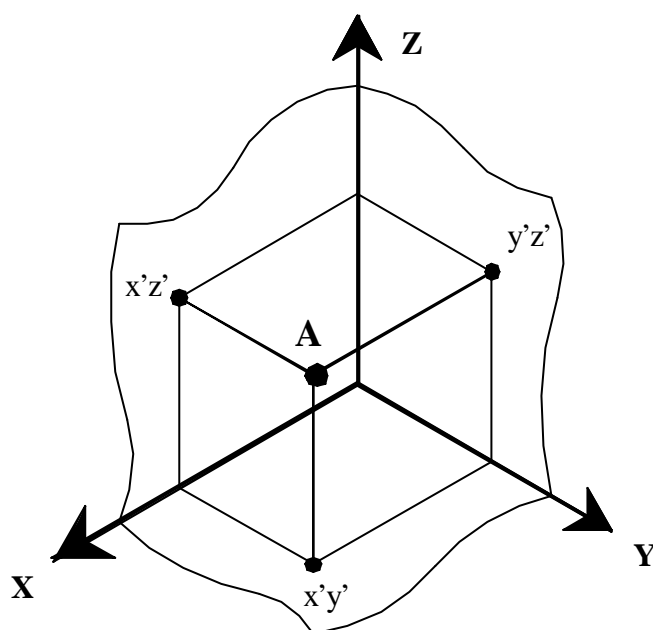


Figura 11: sistema de referência

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

#### 4.5.1.1 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 3 planos ortogonais 2 a 2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1977).

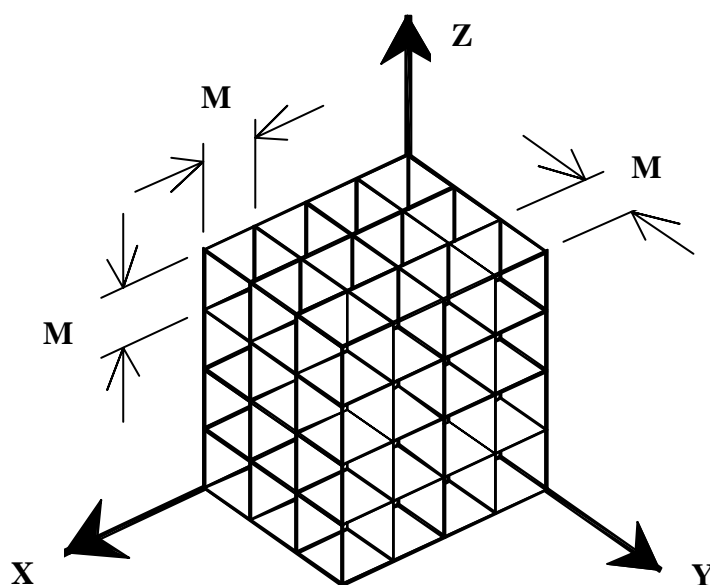


Figura 12: reticulado modular espacial de referência

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.

#### 4.5.1.2 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 3 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 2 dimensões, torna-se necessário utilizar as projeções ortogonais do reticulado modular espacial de referência.

Caporioni; Garlatti; 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 13 apresenta três quadriculados diferentes, para serem usados em diferentes fases do projeto: o quadriculado M, o quadriculado 3M e o quadriculado 24M.



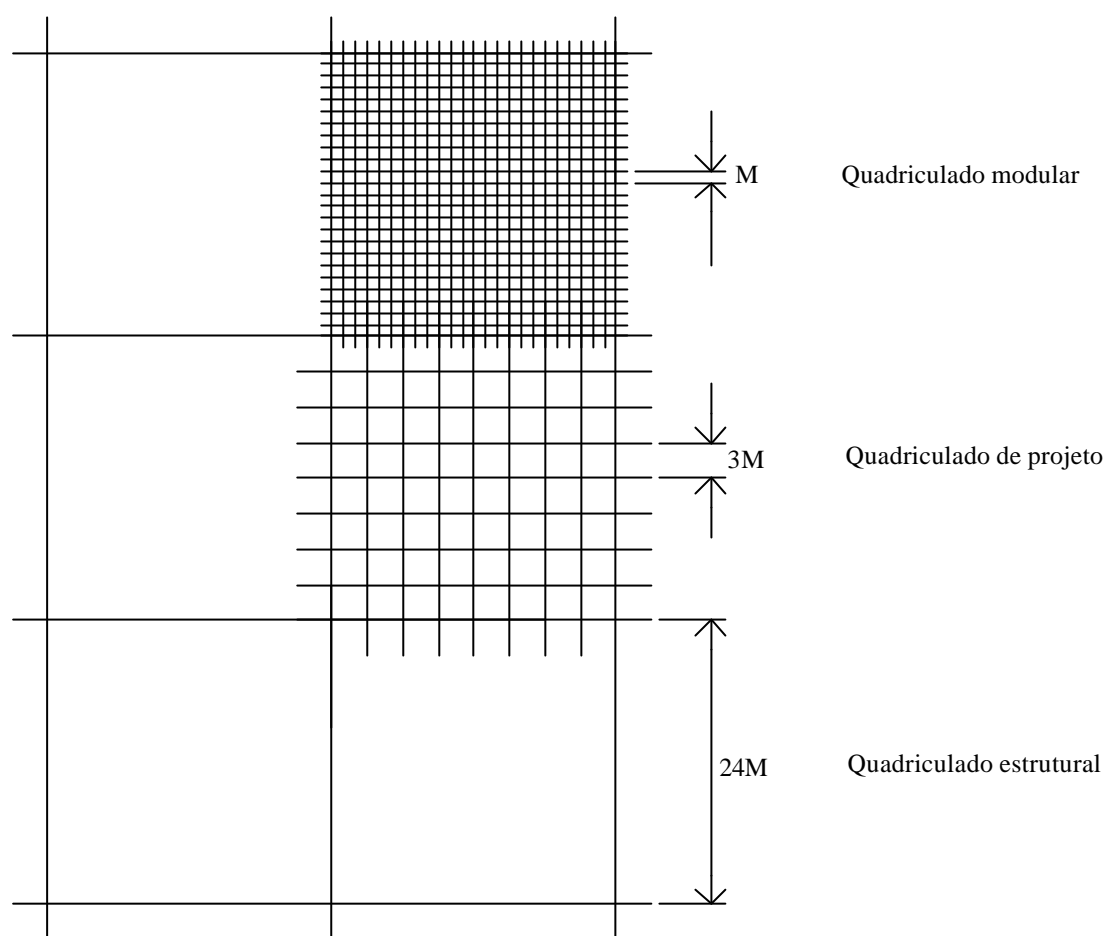


Figura 13: quadriculados modulares M, 3M e 24M

Para o caso da figura 13, o quadriculado de projeto é o multimódulo 3M, dimensão modular de um bloco cerâmico, por exemplo.

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.

#### 4.5.2 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 do mesmo. 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 estes 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);
- 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.

#### 4.5.2.1 Multimódulos

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

#### 4.5.2.2 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, entre outros, espessuras de painéis e de paredes, certos tipos de tubos e perfis. Para resolver esta 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;
- 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.

#### 4.5.2.3 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 quanto a colocação em obra, de acordo com as técnicas construtivas 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 expressa pela fórmula:

$$mM = n.M$$

onde:

$mM$  é a medida modular

$n$  é um número positivo inteiro qualquer

$M$  é o módulo

#### 4.5.2.4 Medida nominal

Medida nominal é a medida determinada para o projeto ou produção de um componente (LUCINI, 2001). Esta 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.

#### 4.5.2.5 Junta nominal

A junta nominal é a distância prevista no projeto entre os extremos adjacentes de dois componentes, considerados a partir da sua medida nominal (LUCINI, 2001).

### 4.5.3 Sistema de ajustes e tolerâncias ou ajuste modular

O sistema de ajustes e tolerâncias (ou 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 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, salvo as exigências de união com os outros componentes com os quais irão associar-se (EUROPEAN PRODUCTIVITY AGENCY, 1962).

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

Para Lucini (2001), o ajuste modular compreende a folga perimetral, necessária ao componente para absorver as tolerâncias de fabricação e a sua colocação em obra, sem invadir a medida modular do componente adjacente.

Segundo a NBR 5725 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1982q), “ajuste modular é uma medida que relaciona a medida de projeto com a medida modular”.

A figura 14 indica, para blocos de concreto, a medida modular, a medida nominal, a junta modular e o ajuste modular.

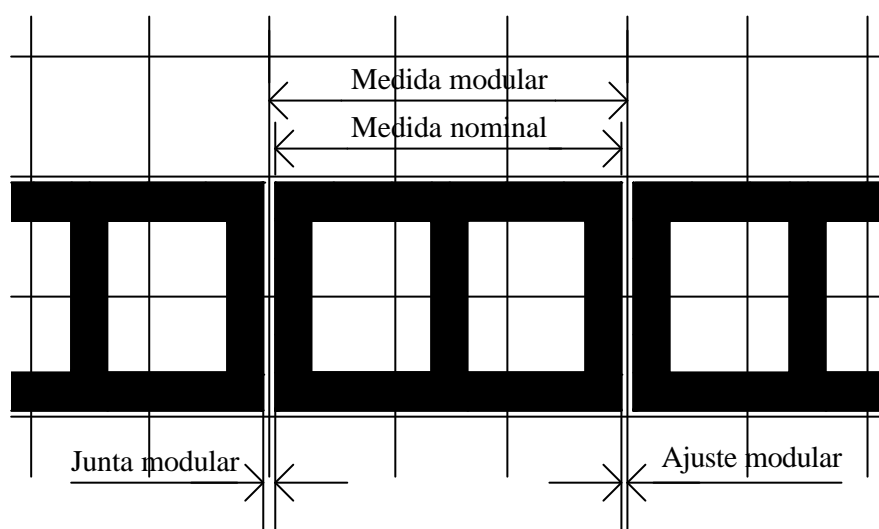


Figura 14: medida modular, medida nominal, junta nominal e ajuste modular

#### 4.5.4 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 de maneira a reduzir as séries de produção ao mínimo indispensável para atender às exigências de mercado sem perder flexibilidade e atendendo convenientemente aos requisitos econômicos. 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 razões econômicas de sua fabricação;
- b) pela função que desempenha;
- c) por sua forma de união (junta entre os componentes construtivos);
- 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 adequam aos princípios da Coordenação Modular, como, por exemplo, janelas com largura levando 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 realmente serão consumidos.

## 4.6 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, fachadas e cortes que compõem o projeto se desenvolvem sobre o quadriculado, permitindo coordenar a posição e 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.

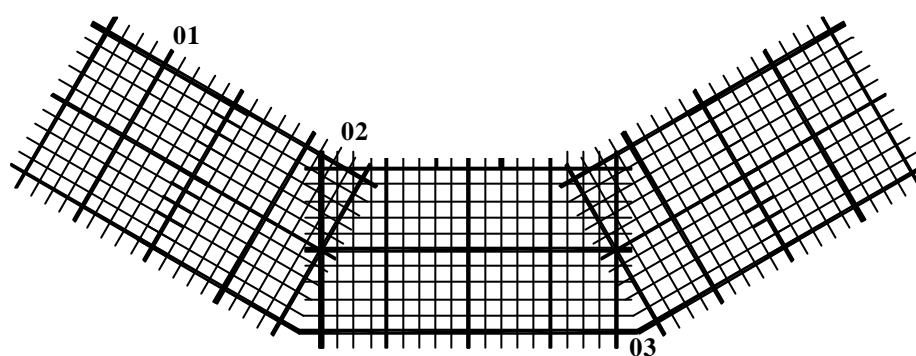
### 4.6.1 Zona neutra

Tendo em vista 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. Nesta zona, não há obediência da Coordenação Modular. Exemplos típicos de zona neutra são juntas de dilatação e união de blocos girados.

Assim, quando é necessário separar uma edificação em partes totalmente independentes, com o emprego de juntas de dilatação, é conveniente evitar o desencontro com relação ao reticulado espacial de referência, separando-se também a edificação de acordo com essas juntas de dilatação.

Ainda, quando por exigência do projeto com blocos ou partes não ortogonais entre si, usa-se a zona neutra. Haverá, assim, uma faixa de sobreposição dos quadriculados modulares de referência (figura 15).



01: Quadriculado modular de referência  
02: Faixa de sobreposição dos quadriculados  
03: Zona neutra

Figura 15: zona neutra com blocos girados

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.

Este capítulo esclareceu os conceitos elementares da Coordenação Modular, a partir dos quais passa-se a ter um conhecimento básico sobre sua teoria. Considera-se importante que estes 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 e a pesquisa do tema.

Informações mais detalhadas e abrangentes sobre a teoria da Coordenação Modular podem ser encontradas principalmente em Rosso (1976), Nissen (1976) e Caporioni; Garlatti; Tenca-Montini (1971). As referências bibliográficas encontram-se na página 129.



## 5 A COORDENAÇÃO MODULAR NO BRASIL

O objetivo deste capítulo é mostrar um levantamento de ações realizadas no intuito de implantar a Coordenação Modular da construção no Brasil, as quais abrangem o período de 1946 a 1982, que corresponde ao início dos primeiros estudos até a publicação mais atual das normas brasileiras sobre o assunto. Primeiramente, esclarecem-se quais foram as entidades envolvidas com o tema e, após, o que realizaram.

### 5.1 ENTIDADES ENVOLVIDAS COM OS ESTUDOS DA COORDENAÇÃO MODULAR NO BRASIL

Algumas entidades foram identificadas como tendo relevada importância no estudo da Coordenação Modular no Brasil, liderando os trabalhos realizados em favor de sua implantação.

#### 5.1.1 Banco Nacional da Habitação

O Banco Nacional da Habitação (BNH) foi criado através da lei n.º 4380, de 21 de agosto de 1964, sob a forma de autarquia federal (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO, 1974).

Como principal instrumento do Governo na promoção do desenvolvimento urbano integrado e como órgão central do Sistema Financeiro da Habitação (SFH), o BNH tinha por objetivos (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO, [19--]):

- coordenar, orientar normativamente e fiscalizar a execução da política nacional de desenvolvimento urbano;
- propiciar à maioria da população brasileira urbana melhores condições de saúde, segurança e bem-estar, através do desenvolvimento harmônico das áreas em que viviam, da implantação de seu equipamento básico e do aumento da atividade econômica,

permitindo que as famílias que emigraram das áreas rurais pudessem se estabelecer nas cidades com um mínimo de conforto e segurança;

- contribuir para o desenvolvimento econômico e social do país, não só através dos objetivos aqui mencionados como pelo aumento da taxa de investimentos, através da ampliação da poupança privada e pública;
- atenuar os desníveis regionais e o ímpeto das correntes migratórias para as megalópoles através da melhor distribuição geográfica dos investimentos e condições compensatórias na concessão dos empréstimos;
- ensejar a implantação do equipamento básico nos núcleos urbanos do país;
- contribuir para a aceleração da atividade econômica assegurando, através do aumento da riqueza e das oportunidades de trabalho, melhor distribuição da renda e promoção social da faixa mais carente da população;
- garantir eficiente gestão ao FGTS a fim de que seus elevados objetivos sociais fossem atingidos;
- proporcionar maior difusão da propriedade residencial e, em especial, o acesso a ela, das classes menos favorecidas, através da concessão de financiamentos em condições adequadas e da redução do preço da habitação;
- melhorar o padrão habitacional e de vizinhança, promovendo a gradual eliminação do congestionamento da habitação e da promiscuidade nos conjuntos tipo favela;
- estimular a redução do preço da habitação através do aumento da oferta sobre a procura, das economias de escala, do aumento da produtividade nas indústrias da construção civil e de materiais de construção e da menor intermediação nos programas de natureza social;
- ampliar a oferta, a preços adequados, dos materiais de construção, através da concessão à indústria de linhas de crédito que permitissem a modernização e expansão de suas instalações e o capital de trabalho de que necessitava.

Para atingir esses objetivos, o BNH estava disposto a promover e estimular a redução de custo da habitação e a melhoria dos padrões habitacionais através da racionalização do trabalho e do

treinamento e assistência técnica às indústrias de construção civil e de materiais de construção, além de promover também estudos e pesquisas que permitissem o melhor planejamento e programação do desenvolvimento urbano, assim como o progresso tecnológico das indústrias da construção civil e de materiais de construção (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO, [19--]).

Uma das iniciativas do BNH para que estes objetivos pudessem ser alcançados foi a criação de um Plano Nacional da Habitação, cujos principais objetivos eram extinguir o déficit habitacional existente no país e facilitar os meios de aquisição da casa própria a uma faixa cada vez mais ampla da população brasileira.

Fazia parte do Plano Nacional da Habitação o Programa de Financiamento de Material de Construção (FIMACO) e seus subprogramas. Através deles, o BNH apoiava a indústria da construção civil, importante para a economia do país, pois era uma atividade dotada de elevado poder gerador de empregos, quer direta, quer indiretamente, propiciando larga absorção de mão-de-obra não qualificada. Naquele momento, um dos papéis da construção civil era suavizar um agudo problema social com o qual o Brasil se deparava, gerado principalmente pelas migrações campo-cidade ocorridas nas décadas de 60 e 70 (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO, [19--]).

Durante a vigência do SFH, o BNH financiou 48 milhões de moradias (BRASIL, 2004) e foi indiscutivelmente o maior envolvido nos estudos da Coordenação Modular no Brasil, em função de tudo a que se propunha. Porém, com a recessão dos anos 80, vieram a redução da renda familiar e as altas taxas de desemprego. A crise decorrente da situação econômica mundial se mostrou efetivamente no Brasil a partir de 1979. Altas taxas de inflação, recessão e desemprego aprofundaram as desigualdades sociais e, atingido por uma forte crise fiscal, o SFH recua em definitivo nos investimentos em habitação, extinguindo o BNH em 1986 (BRASIL, 2004).

### 5.1.2 Centro Brasileiro da Construção Bouwcentrum

O Centro Brasileiro da Construção Bouwcentrum (CBC) foi uma sociedade sem fins lucrativos, fundada e administrada por quatro entidades: o Banco Nacional da Habitação, o Centro das Indústrias do Estado de São Paulo, o Instituto de Engenharia e o Instituto de

Arquitetos do Brasil (Departamento de São Paulo). O CBC era, segundo o Noticiário da Coordenação Modular (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1969), “a expressão de um esforço conjunto desenvolvido pelos principais setores técnicos, econômicos e financeiros envolvidos de forma ativa no processo construtivo”. O CBC visava a:

- promover a divulgação e aplicação de medidas e processos destinados a racionalizar a construção, obtendo o máximo rendimento dos recursos disponíveis;
- estimular o aprimoramento e desenvolvimento da indústria e do comércio da construção;
- organizar um centro de documentação da construção e da habitação;
- organizar amplo sistema de divulgação, informação, assessoramento e intercâmbio entre os intervenientes no setor da construção;
- estimular o aprimoramento da mão-de-obra e dos conhecimentos técnicos e profissionais vinculados à construção;
- realizar estudos e pesquisas sobre a construção em geral, as edificações para fins específicos e, principalmente, as habitações.

O CBC foi contratado pelo BNH em 1969 para desenvolver uma estratégia de implantação da Coordenação Modular no Brasil. Este contrato deu origem ao “Plano de Implantação da Coordenação Modular da Construção”, cabendo ao CBC “polarizar as atenções, definir os objetivos, desenvolver as pesquisas, organizar os sistemas, canalizar os recursos e mobilizar coletivamente os protagonistas do processo arquitetônico-construtivo” (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970e). A última publicação do CBC de que se tem conhecimento é o Noticiário da Coordenação Modular, em 1972.

### 5.1.3 Associação Brasileira de Normas Técnicas

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), fundada em 1940, é o órgão normalizador oficial do Brasil. É uma entidade privada, sem fins lucrativos, reconhecida como Fórum Nacional de Normalização através da resolução 07 do CONMETRO, de 24 de

agosto de 1992. A ABNT é a representante exclusiva no Brasil das seguintes entidades internacionais: ISO, IEC (*International Electrotechnical Commission*) e das entidades de normalização regional: COPANT (Comissão Pan-Americana de Normas Técnicas) e AMN (Associação Mercosul de Normalização) (ABNT, 2000).

A ABNT, em função de suas atribuições, foi o órgão que publicou todas as normas relativas à Coordenação Modular no Brasil, desenvolvidas no período de 1950 a 1982.

## 5.2 ESTUDOS INICIAIS SOBRE A COORDENAÇÃO MODULAR NO BRASIL

Seguindo o exemplo dado pelos países europeus, além do Canadá e dos Estados Unidos, através de suas atividades em promoção de estudos da Coordenação Modular, como visto no capítulo 3, a partir da década de 40, o Brasil também passa a estudar a Coordenação Modular.

Em 4 de setembro de 1946, foram instalados os trabalhos da Comissão de Estudos dos Elementos da Construção, na Associação Brasileira de Normas Técnicas (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 pouco antes (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 Valentim 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 “Anteprojeto 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 25-R: *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. Coube ainda ao Brasil defender vigorosamente os conceitos fundamentais adotados em sua norma (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 1º, pelo Comitê Pan-Americano de Normas Técnicas (COPANT) e também com o apoio da Organização dos Estados Americanos (OEA).

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 e, 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*, sendo publicada em 1969. Esta norma, segundo o CBC (1969) deveria “desempenhar um papel fundamental na implantação desta metodologia<sup>11</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;
- 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).

Neste 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 (CNI (CENPI)), Bernardo Scheinkman (ABNT), Teodoro Rosso (Bouwcentrum), Edgar de O. Fonseca (PUC e FAU Santa Úrsula), Walmor José Prudêncio (FAU/UFRJ), Léo Nishikawa (Bouwcentrum), 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

---

<sup>11</sup> Na aceção dos autores do CBC a Coordenação Modular foi conceituada como metodologia, mas atualmente poderia ser tratada como “princípios”.

Modular no Brasil (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1969).

### 5.3 AÇÕES PARA A IMPLANTAÇÃO DA COORDENAÇÃO MODULAR

#### 5.3.1 Plano de Implantação da Coordenação Modular da Construção (1970 a 1971)

O Plano de Implantação da Coordenação Modular da Construção foi um estudo realizado pelo Centro Brasileiro da Construção, contratado pelo BNH, em 24 de setembro de 1969, no Rio de Janeiro. Conforme o contrato entre as partes, este 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 nível 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, 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. As duas primeiras etapas somam um total de 13 volumes<sup>12</sup>.

As informações sobre o Plano de Implantação da Coordenação Modular estão baseadas nos relatórios apresentados pelo CBC ao BNH. Foram apresentados aqui os dados considerados de maior relevância para os objetivos a que esta pesquisa se propôs, o que resultou, portanto, na exclusão de um grande número de informações.

##### 5.3.1.1 Primeira etapa do Plano de Implantação da Coordenação Modular

---

<sup>12</sup> Dos 13 volumes, teve-se acesso a 12 deles. Não se teve conhecimento sobre a existência de relatórios da terceira etapa.



A primeira etapa do Plano de Implantação da Coordenação Modular, entregue ao BNH em 20 de janeiro de 1970, é composta por 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. O grupo de trabalho A foi constituído pelos arquitetos Léo Quanji Nishikawa, J. Fleury de Oliveira e Therezinha Banevicius. E o grupo B, por sua vez, foi constituído pelo engenheiro civil Jorge Pinheiro Jobim e pelos engenheiros de produção J. Carlos Priester Pimenta e Marcos Telles Almeida Santos. Liliana Sobrón, acadêmica de Sociologia e Política, coordenou a equipe auxiliar (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; CENTRO BRASILEIRO DA CONTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970a).

Segundo o relatório, a própria conceituação da palavra “preliminar” resumia os objetivos desta 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.

Na época, o Departamento Técnico havia constatado que, na maioria dos países em que a Coordenação Modular se encontrava em estágio mais avançado de estudos, salvo raras exceções, a aplicação prática ainda não passava de algumas tentativas que os Grupos de Trabalho consideraram mais ou menos bem-sucedidas. Eles haviam encontrado uma grande quantidade de referências bibliográficas sobre a parte teórica, mas a respeito de planos de implantação prevendo uma sistemática bem definida e dispendo de instrumentos adequados, os conhecimentos foram limitados e insuficientes para o fim a que se propunham. Na ocasião, os países empenhados no estudo da Coordenação Modular não puderam apresentar dados seguros sobre os resultados alcançados aos relatores do Plano de Implantação - a exceção era a Alemanha.

Um outro aspecto muito importante, segundo o relatório, mereceu a atenção dos Grupos de Trabalho: tratava-se do controle dos resultados proporcionados pela aplicação da Coordenação Modular à construção. Embora a utilização de métodos genéricos para o controle da produtividade ou de métodos específicos para a apropriação de custos existisse

aqui no Brasil e no exterior, segundo o relatório, em nenhum lugar houve uma preocupação no sentido de controlar os efeitos da Coordenação Modular, traduzindo-os em números de fácil comparação.

Em função disso, foi incluído, nessa primeira etapa, um capítulo dedicado ao estudo de um método analítico para o controle da produtividade<sup>13</sup> na construção. Este método, no entender dos Grupos de Trabalho, pareceu representar uma medida que deveria se revelar de grande utilidade prática, considerando também que ele poderia atender não só às exigências operacionais do BNH, mas a outras decorrentes da imediata aplicação da Coordenação Modular. Foram apontadas como propostas para este método: montar catálogo dos elementos construtivos, organizado de tal forma que se vinculasse à informação técnica e não à promoção comercial; normalizar a nomenclatura e padronizar as dimensões, pois, enquanto não estivesse estabelecida uma forma unívoca de linguagem, ficaria difícil de atacar o problema; estabelecer padrões e incentivar a produtividade (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; CENTRO BRASILEIRO DA CONTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970a).

Não devemos esquecer que a racionalização da construção e sua gradual evolução para uma industrialização ampla [...] devem garantir o desenvolvimento contínuo do processo construtivo. A continuidade é a característica mais peculiar do método industrial; o que permite a repetição das operações, a especialização das técnicas, a supressão de tempos ociosos na aplicação da mão-de-obra e do equipamento. No contexto desse método, a Coordenação Modular se situa entre os instrumentos de continuidade das técnicas que abrangem a unificação, a normalização e a padronização dimensional. Ressalta, portanto, que a Coordenação Modular não é um fim em si mesma, devendo a continuidade de execução que representa o objetivo último colimado, resultar dentre outras condições, do planejamento da produção, da organização e racionalização dos canteiros e da planificação, coordenação e programação das intervenções (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; CENTRO BRASILEIRO DA CONTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970a).

No desenvolvimento deste relatório, foi feita freqüente referência à Norma Brasileira NB 25/69. Os Grupos de Trabalho declararam oportuno que esta norma, quando recebesse sua redação definitiva e oficial, fosse levada, em primeiro lugar, a conhecimento de todas as comissões da ABNT encarregadas do estudo de normas para materiais de construção. Esta

---

<sup>13</sup> No decorrer dos relatórios, percebe-se uma tenaz preocupação com relação à produtividade na construção, preocupação que, para a insipiência na qual se mostravam os estudos de Coordenação Modular à época no Brasil, pode ser considerada precoce. A produtividade é umas das decorrências da aplicação da Coordenação Modular, mas provavelmente foi enfatizada para servir de chamariz, principalmente para a indústria de componentes e executores.

sugestão tinha objetivo de evitar que novas exigências fossem formuladas em desacordo com os requisitos da coordenação decimétrica.

**A imprecisão extrema que, na maioria das vezes, distingue as especificações acaba em definitivo por deixar ao mestre, isto é, a um executivo de baixo escalão, a iniciativa da escolha da técnica mais adequada, resultando em uma aplicação irracional dos materiais disponíveis. [...] Toda vez que um pedreiro é obrigado a utilizar um ponteiro para destruir algo já executado, ele está com a cumplicidade de todos os intervenientes no processo construtivo, desde o arquiteto até o financiador, destruindo essa lógica e ofendendo o legado técnico e cultural que recebemos nos livros e nas escolas (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; CENTRO BRASILEIRO DA CONTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970a).**

Duas foram as condições consideradas como garantia para a eliminação da casualidade no ato construtivo: o respeito às normas e a unificação dos cadernos de encargo e das especificações básicas (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; CENTRO BRASILEIRO DA CONTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970a).

Na pesquisa preliminar realizada na indústria, uma das conclusões mais expressivas é a de que um dos impedimentos mais importantes para a adaptação à Coordenação Modular é representado pela dualidade existente nos sistemas de medida. Embora a maioria das indústrias que trabalhavam à época com equipamento dimensionado no sistema pé-polegada tivesse procedido à conversão das medidas dos produtos em unidades métricas, o vício de origem era apenas dissimulado, revelando-se, em seguida, nas frações adotadas, sempre em milímetros. Levando em consideração que este submúltiplo do metro não é aplicado na coordenação decimétrica, a adaptação representava uma utilização inadequada da maquinaria disponível (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; CENTRO BRASILEIRO DA CONTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970a). Apesar disso, obviamente não se poderia continuar com dois sistemas de medida<sup>14</sup>. E, no relatório, há a afirmação: “é de competência da ABNT estipular as medidas necessárias para cobrar de todas as indústrias a obediência a um sistema que constitui o fundamento de toda e qualquer padronização dimensional” (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; CENTRO BRASILEIRO DA CONTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970a).

---

<sup>14</sup> Segundo o INMETRO (1995), desde 1875, o metro é considerado a unidade de comprimento do sistema internacional de medidas. O Comitê Internacional de Pesos e Medidas (CIPM) julga preferível não utilizar as unidades não mencionadas no sistema internacional.

Diante dessa situação, foi sugerida uma campanha de adequação ao sistema métrico, que não poderia encontrar nenhum tipo de relutância, visto que, como colocado no capítulo 2 desta pesquisa, o próprio país de origem do sistema pé-polegada, a Inglaterra, durante os levantamentos do Plano de Implantação já estava estudando o sistema métrico e em vias de adotá-lo, o que ocorreu em 1972. Sobre este assunto, diz o relatório:

**A este respeito parece-nos oportuno que o próprio Banco assuma uma posição mais radical, especialmente no que tange aos financiamentos para aquisição de equipamentos industriais e no que diz respeito à sua importação quando o nosso mercado não pode fornecê-los. Nos dois casos, a condição que os produtos sejam numa primeira etapa obrigatoriamente dimensionados no sistema métrico e numa segunda etapa a de que sejam modulares, poderá ser exigida através de instrumentos legais adequados, no âmbito dos programas FIMACO e REGIR e na esfera de ação da CDI e do BNDE (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; CENTRO BRASILEIRO DA CONTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970a).**

A implantação de um novo método de trabalho, qualquer que seja, pode sugerir várias abordagens. Para os Grupos de Trabalho, a implantação de um sistema da natureza da Coordenação Modular em escala nacional, apresentava em suas linhas gerais, algumas dificuldades se seus objetivos não fossem perfeitamente definidos.

Dentro desse contexto, foram levantadas duas alternativas principais de aplicação da Coordenação Modular: a voluntária e a compulsória.

A aplicação voluntária poderia ser obtida de várias formas: através da publicação de uma norma recomendada, preparada por um órgão normalizador oficial; como consequência da atividade de divulgação e promoção desenvolvidas por associações ou organizações particulares, de caráter nacional ou internacional; através de um processo educativo gerado nas escolas de Arquitetura e Engenharia, ou, melhor ainda, por uma ação integrada de todos estes intervenientes.

A aplicação compulsória poderia ser conseguida parcialmente ou de forma global através de uma norma oficial, publicada por um órgão normalizador e tornada de caráter obrigatório por lei ou por inclusão em códigos de edificação ou ainda a ela condicionando a obtenção de financiamentos públicos e a participação em concorrências nacionais.

No relatório os Grupos de Trabalho consideraram como melhor alternativa a aplicação compulsória. Acreditavam que assim haveria uma maior probabilidade de sucesso, desde que

o ato ou documento de obrigatoriedade fosse precedido, acompanhado e seguido por uma série de providências destinadas a fornecer aos interessados o que convencionalmente se chama de “instrumentos” da implantação. Por outro lado, a implantação voluntária também não deixaria de ter possibilidade de êxito, mas seria conseguida somente a longo prazo e com maiores dificuldades (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; CENTRO BRASILEIRO DA CONTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970a).

Como instrumento mais simples e mais imediato, o relatório sugeriu uma norma, recomendada ou oficial. Para que a sugestão tivesse validade, foi feita uma análise de como funciona uma norma, de maneira que houvesse um melhor ajuste ao caso específico da Coordenação Modular.

Para os Grupos de Trabalho, o caso do Brasil foi considerado na época como *sui generis*, pois a representatividade dos produtores de materiais de construção seria praticamente inexpressiva, uma vez que poucos registravam alguma experiência em Coordenação Modular. A maioria desconhecia sua existência. Assim, tendo em vista que a Coordenação Modular deveria ser aplicada a todos os materiais de construção e que na comissão de elaboração de uma norma deveriam estar representadas todas as indústrias diretamente interessadas, o valor destas representações seria muito limitado, já que pouco ou nada conheciam sobre o tema.

Uma norma sobre o tema deveria refletir as condições locais da indústria e do mercado, para que os preceitos pudessem ser obedecidos sem onerar desnecessariamente o custo de produção, o que seria um contra-senso. A intenção dos Grupos de Trabalho não era nem de se ter um documento meramente normativo, nem de se ter uma implantação acentuadamente regional, o que seria negar as próprias premissas da Coordenação Modular.

A norma NB 25-R, publicada em 1950, fornecia aos relatores a imagem clara de uma norma que permaneceu por 19 anos *littera-morta*. “Se agora, favorecidos pelas circunstâncias, julgamos chegado o momento de implantar realmente a Coordenação Modular, devemos procurar definir uma linha de conduta que satisfaça a todos os interessados e que de forma alguma possa levar ao insucesso” (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; CENTRO BRASILEIRO DA CONTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970a).

O pensamento da época levava à conclusão de que era pouco provável que a indústria tivesse condições de adaptar sua produção às exigências da Coordenação Modular, se não recorresse a novos investimentos, mesmo que reduzidos, salvo poucas exceções. Em função disto, a

indústria precisaria saber claramente, *a priori*, o que deveria ser normalizado, por que deveria ser normalizado e como deveria ser normalizado. Em função destas considerações, os Grupos de Trabalho acreditavam ser óbvio que a norma, como instrumento válido de implantação, só poderia ser aceita como um dos fatos conclusivos do Plano e não como uma premissa (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; CENTRO BRASILEIRO DA CONTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970a).

Como a Coordenação Modular tem aplicação tanto na construção tradicional quanto na industrializada, o estudo foi realizado abrangendo os dois casos. Para alcançar os seus objetivos, os Grupos de Trabalho montaram um esquema de trabalho que, quanto às etapas de implantação do plano, teria a seguinte ordem, abrangendo automaticamente todos os tipos de edificações:

- a) casas unifamiliares térreas;
- b) casas unifamiliares com mais de um pavimento e edifícios residenciais até três pavimentos;
- c) edifícios residenciais ou não com mais de três pavimentos (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; CENTRO BRASILEIRO DA CONTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970a).

Em termos habitacionais, a maior preocupação daquele período no Brasil era promover a habitação residencial, principalmente a popular, em função do elevado déficit habitacional que acometia o país. Levando em consideração o empenho com o qual o BNH promoveu a Coordenação Modular, é natural que este tipo de habitação devesse merecer mais atenção, e, aproveitando a oportunidade dos estudos da Coordenação Modular, ocupar as primeiras posições da lista quanto às etapas de implantação. Esta seqüência na definição das etapas foi resultado de algumas considerações relatadas como aquelas julgadas mais importantes:

- a) atender à escala de prioridades do esquema financeiro da habitação;
- b) acompanhar o desenvolvimento dos estudos na sua ordem mais natural, partindo dos elementos mais simples para os mais complexos, levando em conta que: as casas unifamiliares térreas podem prescindir inicialmente da solução de alguns problemas de coordenação vertical e

não têm problemas estruturais; as casas unifamiliares com mais de um pavimento e os edifícios residenciais até três pavimentos são caracterizados por exigências de definição de pés direitos e de estruturas portantes; os edifícios com mais de três pavimentos estão condicionados ao uso de elevadores;

- c) iniciar a aplicação, sem aguardar a conclusão dos estudos, pelos grandes conjuntos habitacionais, caracterizados pela aplicação de componentes construtivos em número reduzido sob o aspecto tipológico, mas em grandes quantidades sob o aspecto das séries de produção. Este critério tem dois motivos. O primeiro é proporcionar melhores condições iniciais à indústria, abrindo imediatamente um mercado bem definido; o segundo, facilitar as observações e os controles da execução em canteiros sujeitos a uma fiscalização rigorosa por parte dos órgãos indicados pelo BNH (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; CENTRO BRASILEIRO DA CONTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970a).

Junto a isso, uma **divulgação** eficaz da Coordenação Modular foi **julgada indispensável** por duas razões. A primeira delas para familiarizar os setores interessados com os objetivos da Coordenação Modular, esclarecendo seus princípios e sua metodologia. A segunda no intuito de promover sua aceitação pela opinião pública (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; CENTRO BRASILEIRO DA CONTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970a).

Essa divulgação tinha dois caracteres: um didático e outro promocional. Dessa forma, seria exercida por meio de publicação de artigos, realização de palestras, seminários, simpósios e exposições temáticas.

Quanto ao estudo e projeto dos componentes, os Grupos de Estudo partiriam do exame da NB-25 e dos subsídios fornecidos pela pesquisa preliminar na indústria. Dessa forma queriam chegar a uma padronização tipológica e dimensional dos componentes.

Com relação ao estudo e projeto de edifícios, a idéia era a de estabelecer regras para a aplicação adequada dos componentes a serem utilizados.

No desenvolvimento dos estudos dos ajustes e tolerâncias e do controle estatístico de qualidade, a proposta era a de que o Plano deveria definir uma teoria dos ajustes e tolerâncias, em analogia com os métodos aplicados na indústria mecânica.

Também um estudo de normas e códigos de edificações foram propostos, através do levantamento de normas de outros países e um exame dos componentes construtivos cujas características e dimensões pudessem sofrer restrições por parte dos códigos de edificações. É o caso de pés-direitos e escadas, que deveriam ser objeto de normas que permitissem sua unificação em caráter nacional para evitar conflitos com os códigos de edificações, geralmente locais e específicos para cada região ou cidade. As informações obtidas deste estudo seriam transmitidas ao órgão normalizador oficial (no caso, a ABNT).

Ainda seriam elaborados manuais de aplicação da Coordenação Modular para uso de arquitetos, engenheiros, indústrias e construtores e cursos de treinamento básico para todos os interessados. Estes elementos se constituiriam os principais instrumentos executivos do plano de implantação.

De forma resumida, o Plano teve a seguinte seqüência, que identificava, segundo os relatores, os próprios instrumentos da implantação: estudo; definição; promoção e divulgação; transmissão de conhecimento; aplicação; controle; realimentação (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; CENTRO BRASILEIRO DA CONTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970a).

A pesquisa propriamente dita se iniciou por uma investigação das iniciativas internacionais, com o intuito de obter informações relativas a resultados práticos alcançados nos países pesquisados e que permitissem melhor elaborar o Plano de Implantação. O enfoque desejado naquele momento era de caráter prático, e não relativo a métodos e conceitos. Foi enviado então um questionário a todos os países que, na época, constavam da lista de países das Nações Unidas e que houvessem publicado alguma norma sobre a Coordenação Modular. Foram recebidas respostas de 13 países: Alemanha, Argentina, Canadá, Chile, Dinamarca, Finlândia, França, Holanda, Índia, Inglaterra, Itália, Japão e Portugal.

Um resumo da interpretação das respostas é:

- a) na maioria dos países questionados, a norma tinha **caráter compulsório para aquelas construções financiadas pelo Estado**. No Japão, o sistema internacional trouxe dificuldades pelo fato da construção



tradicional japonesa utilizar o tatame como padrão dimensional. No Chile, a norma assumiu caráter compulsório pelo fato de o processo ter sido acelerado pela necessidade de reconstrução em grande escala das áreas destruídas por terremotos;

- b) em todos os países, o controle era realizado por entidades estatais, escalonadas nas esferas municipais, regionais e federal;
- c) houve unanimidade em acatar as recomendações da ISO e do IMG;
- d) em 2/3 dos países, as normas eram definitivas, pelo menos em relação à matéria geral de base;
- e) como fatores para estender a aplicação da Coordenação Modular, vários países consideraram o seu uso em setores privados da construção, e particularmente nas habitações subvencionadas ou nos edifícios públicos e também a concessão de ajuda financeira para projetos em que fosse utilizada;
- f) 50% dos países apontaram como dificuldade maior a **falta de produtos modulares** ou a **resistência das indústrias a uma adaptação dimensional de seus produtos**. Na Alemanha, no entanto, as próprias associações das indústrias pressionavam a conversão total do sistema octamétrico ao decimétrico, para que o mercado dos componentes fosse aumentado em função dos vínculos estreitos no mercado comum europeu;
- g) 50% dos países verificavam uma **grande oposição da parte de engenheiros e arquitetos**, principalmente dos arquitetos, sob a alegação de uma restrição à liberdade de criação;
- h) alguns países chamaram a atenção para os problemas decorrentes da falta de coordenação entre as normas e as legislações vigentes, a falta de instrumentação adequada à aplicação prática da norma e a existência de sistemas fechados de pré-fabricação;

- i) recomendações dadas: assegurar e promover a existência de normas gerais nacionais para a Coordenação Modular nos países membros, de maneira que fossem o mais semelhante possível com as recomendações do IMG; assegurar e promover a conformidade das normas de produtos com as normas gerais; que o ensino da Coordenação Modular fizesse parte do currículo básico dos arquitetos, engenheiros civis e mestres-de-obra; que fossem promovidos cursos de treinamento para estes profissionais; que fossem preparados especialistas sobre o uso da Coordenação Modular; que fossem criados em cada país um ou mais institutos com o objetivo de integrar produtores e construtores no uso da Coordenação Modular.

Após a interpretação das respostas da pesquisa internacional, o relatório apresenta a elaboração da pesquisa a ser feita na indústria de materiais e componentes, considerada para os Grupos de Trabalho como a peça mais importante da aplicação da Coordenação Modular. É essa a razão pela qual o CBC se propôs a conhecer as condições que a indústria possuía para se adaptar à Coordenação Modular.

“A implantação da Coordenação Modular no Brasil só pode surgir da colaboração de todos os intervenientes no processo construtivo e não através da aplicação exclusiva de medidas compulsórias. Adotar o que outros países já fizeram neste campo ou adaptar normas estrangeiras seria fácil, mas o êxito duvidoso” (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; CENTRO BRASILEIRO DA CONTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970b).

A intenção do estudo que então estava sendo realizado pelo CBC era “exercer uma função integradora e harmonizadora na aplicação dos materiais e componentes, proporcionando a todos idênticas possibilidades”, já que a norma elaborada pela ABNT era bastante genérica (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; CENTRO BRASILEIRO DA CONTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970b).

Partindo dessa premissa, o CBC preocupou-se em definir objetivos de pesquisa que revelassem a situação efetiva da indústria e sua capacidade de adaptação. Para tanto, a pesquisa deveria definir:

- a) a flexibilidade das máquinas e dos equipamentos, flexibilidade entendida como a aptidão imediata de se adaptar a fabricação dos componentes com aplicação de regras e dispositivos simples e práticos;
- b) o custo de adaptação e sua conveniência, quando a primeira condição não for verificada;
- c) os tipos mais corretos e eficazes de juntas<sup>15</sup> para cada componente;
- d) as variações dimensionais ou erros de fabricação e as tolerâncias admitidas;
- e) o controle de qualidade efetuado (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; CENTRO BRASILEIRO DA CONTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970b).

Os resultados dessa pesquisa foram publicados no nono volume do Noticiário da Coordenação Modular, de autoria do CBC (1970j) e são apresentados a seguir.

Ao serem perguntadas sobre os sistemas de medidas utilizados, as respostas dadas ao CBC foram sintetizadas dessa forma: 65,1% das indústrias utilizavam exclusivamente o sistema métrico; 1,9% o sistema pé-polegada e 33% os sistema métrico e pé-polegada simultaneamente.

Sobre a questão que se referia à existência de uma modulação nos componentes produzidos pelas indústrias, 2,9% delas responderam utilizar a modulação decimétrica; 9,5% uma modulação decimétrica parcial; 70,2% disseram ter os seus produtos padronizados e 17,4% não utilizavam nenhum tipo de modulação, nem padronização. O CBC observou que naquelas indústrias que se restringiam a uma simples padronização dimensional de seus produtos, esta padronização, quando não regida pelas normas da ABNT, se resumia com freqüência a dimensões estipuladas aleatoriamente pela própria indústria.

---

<sup>15</sup> Cabe ressaltar que a definição das juntas é função da norma e não da indústria, apesar de ela também participar das atividades normalizadoras. Porém, como a pesquisa realizada pelo CBC tinha um caráter preliminar, esta questão tinha por objetivo conhecer o pensamento da indústria em relação a este item.

Para aqueles 12,4% (2,9% + 9,5% da questão anterior) da indústria que tinham os seus produtos modulados, quando perguntados sobre os problemas encontrados na aplicação da modulação, 53% responderam não terem tido problemas, contra os 47% que responderam terem encontrado problemas. Para aqueles que haviam padronizado os seus produtos (70,2%), 31% responderam não terem tido problemas para padronizá-los; 33,9% responderam terem encontrado problemas para padronizá-los e 35,1% não estavam definidos em relação ao assunto.

Para complementar as questões anteriores, as indústrias foram questionadas sobre as vantagens obtidas com a modulação ou a padronização realizadas. Para aquelas com produtos modulados, 11,7% responderam não terem tido nenhuma vantagem com a modulação; 76,6% responderam terem tido vantagens com a modulação e 11,7% não tinham uma posição definida. Já para as indústrias com componentes de dimensões padronizadas, 5,2% responderam não terem tido vantagens com a padronização; 53,5% tiveram vantagens e 41,3% não tinham uma posição definida sobre o assunto.

As indústrias que já modulavam seus produtos foram perguntadas sobre os problemas encontrados. O CBC (1970j) não publicou os índices, mas o problema apontado em primeiro lugar foram os projetos arquitetônicos, que, por não serem modulares, geravam a necessidade de serem refeitos ou adaptados. Em segundo lugar, freqüentemente os componentes eram fabricados sob encomenda para atender às dimensões fora das séries de estoque. Ainda foram ressaltadas pelas indústrias as dificuldades provenientes de materiais primários dimensionados em pé-polegada e de equipamentos importados. Aquelas que haviam padronizado seus produtos também apontaram como principal problema os projetos e encomendas de componentes fora dos padrões que haviam estabelecido. Após, citam a utilização de patentes estrangeiras, a dificuldade de adaptação de alguns equipamentos, a duplicidade do sistema de medidas, a necessidade de utilizar componentes não padronizados, a falta de combinação entre os componentes e a inadequação das juntas.

Quando perguntadas sobre as vantagens que obtiveram ao modular os seus produtos, as indústrias responderam, em ordem decrescente de importância: racionalização; mecanização e simplificação da produção; política de estoques; melhor aproveitamento da matéria-prima; maiores facilidades no provimento e intercambialidade dos produtos. Para aquelas que haviam padronizado os seus componentes, também em ordem decrescente, foram apontadas como vantagens: racionalização da produção; utilização de equipamentos padronizados; maior

mecanização; redução de modelos; aprimoramento das técnicas de produção; produção em série; simplificação e planejamento da produção, com maior rendimento da mão-de-obra; facilidades na aplicação, na montagem, no manuseio e na estocagem. Algumas ainda responderam terem obtido redução do custo operacional; melhor aproveitamento da matéria-prima; melhor comercialização; entregas em menor tempo; maior potencial de vendas.

Quanto às características das indústrias em relação ao controle de qualidade efetuado, as respostas obtidas foram de que 74% efetuavam controle com tolerâncias definidas e 26% não efetuavam controle e nem tinham tolerâncias definidas.

Para os Grupos de Trabalho do Plano de Implantação da Coordenação Modular, provavelmente a questão mais importante no contexto da pesquisa fosse com relação à capacidade de adaptação da maquinaria e do equipamento das indústrias à fabricação de componentes modularmente coordenados no sistema decimétrico. Os resultados obtidos foram que 55,1% achavam possível uma adaptação; 33,3% acreditavam ser possível, porém com restrições; 9,4% acreditavam ser impossível e 2,2% não souberam responder.

A última pergunta realizada procurou caracterizar as expectativas em relação à necessidade de um catálogo/manual de componentes. Das indústrias entrevistadas, 68,8% deram uma opinião favorável; 1,4% desfavorável; 22,5% não tinham definição sobre o assunto e 7,3% foram indiferentes.

#### 5.3.1.2 Segunda etapa do Plano de 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. O Grupo de Trabalho A era formado pelos arquitetos Adilson J. Monte, Edith G. de Oliveira, J. L. Fleury de Oliveira, Léo Quanji Nishikawa, Luiz C. Chichierchio, Tetsuro Hori, Therezinha Banevicius. O Grupo de Trabalho B era constituído pelos engenheiros Ettore Bresciani Filho e Silvério Luiz Fusco. A Equipe Auxiliar era constituída por Francisco Donadio, técnico em madeiras e por Koichi Assaeda, Técnico em instalações hidráulicas. A segunda etapa foi constituída por um relatório de 11 volumes, dos quais se teve acesso a 10 deles.

Nesta segunda etapa foram estudados detalhadamente:

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

Os dados referentes às dimensões modulares resultantes dos estudos dos Grupos de Trabalho do Plano de Implantação da Coordenação Modular encontram-se no apêndice A.

Juntamente com a proposta das dimensões modulares dos componentes, o CBC reuniu todos os seus estudos e análises para propor 27 projetos de normas ou padronizações para 40 itens diferentes. Além de normas complementares à NB-25, tratava-se de padronizações brasileiras, simbologias modulares e propostas de alteração ou complementação de normas ou padronizações já existentes.

Estes projetos e propostas estão relacionados na figura 16 e seriam encaminhados à Comissão de Coordenação Modular da ABNT que, após exame, daria início ao processo habitual através das comissões de estudo e dos comitês permanentes, a fim de que, após discussão, fossem publicados em estágio experimental. Para facilitar a referência, foram adotados um código junto a uma numeração provisória.

<b>Código</b>	<b>Nome</b>
P-NB-CBC - 1	Bases da Coordenação Modular planimétrica
P-NB-CBC - 2	Bases da Coordenação Modular altimétrica
P-NB-CBC - 3	Bases da articulação modular da associação de componentes
P-NB-CBC - 4	Juntas para componentes
P-NB-CBC - 5	Aproveitamento de madeira bruta e semi-acabada
P-NB-CBC - 6	Bases da Coordenação Modular das escadas
P-NB-CBC - 7	Bases da Coordenação Modular de Estruturas em pórticos múltiplos de concreto armado
P-PM-CBC - 8	Padronização dimensional modular para materiais de cobertura e inclinações de telhado
P-PM-CBC - 9	Padronização dimensional modular dos elementos de acabamentos das construções
P-PM-CBC - 10	Padronização dimensional modular para porta, batente e respectivo vão
P-PM-CBC - 11	Padronização dimensional modular para forros suspensos
P-PM-CBC - 12	Padronização dimensional modular para vidros usados em esquadrias
P-PM-CBC - 13	Bases da Coordenação Modular dos caixilhos
P-PM-CBC - 14	Padronização dimensional modular para componentes de vedação: tijolos e blocos
P-PM-CBC - 15	Padronização dimensional modular para tubos e conexões de barro vidrado para esgoto
P-PM-CBC - 16	Padronização dimensional modular de tubos e conexões de PVC rígido para esgoto
P-PM-CBC - 17	Padronização dimensional modular de tubos e conexões coláveis e rosqueáveis de PVC rígido para água
P-PM-CBC - 18	Padronização dimensional modular de eletrodutos e conexões de aço carbono
P-PM-CBC - 19	Padronização dimensional modular de eletrodutos e conexões de PVC rígido com bolsa
P-PM-CBC - 20	Padronização dimensional modular de eletrodutos e conexões de PVC rígido com rosca
P-SM-CBC - 21	Simbologia de peças de esgoto, com exemplos de associação modular
P-SM-CBC - 22	Simbologia das peças para instalação hidráulica (água) com exemplos de projetos modulares
P-SM-CBC - 23	Sugestões para complementação de símbolos gráficos para instalações elétricas prediais
P-PM-CBC - 24	Sugestões de modificação e complementação de padronização de caixas de derivação de instalações elétricas prediais
P-PM-CBC - 25	Sugestões para modificação do projeto de norma para projeto e construção das caixas, poços e casas de máquinas dos elevadores de edifícios residenciais
P-PM-CBC - 26	Proposta de padronização dimensional modular para lajes mistas
P-PM-CBC - 27	Bases da Coordenação Modular dos painéis pré-fabricados de concreto

<p>Códigos adotados</p> <p>P: projeto ou proposta</p> <p>PM: padronização modular</p> <p>NB: norma brasileira</p> <p>SM: simbologia modular</p>
---

Figura 16: relação de projetos e propostas de normas (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; CENTRO BRASILEIRO DA CONTRUÇÃO BOUWCENTRUM, [1970?]a)

A segunda etapa foi finalizada com o projeto de dois edifícios com um partido arquitetônico considerado como comum pelos Grupos de Trabalho, em que foram empregados todos os princípios estudados ao longo do Plano e experimentados os vários materiais (CENTRO BRASILEIRO DA CONTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1971g).

Os Grupos de Trabalho encerram os relatórios da segunda etapa com as seguintes conclusões:

- a) havia a necessidade de se fazer um estudo tipológico dos prédios de habitação em geral, que permitisse comparar vantagens e desvantagens de cada tipologia, do ponto de vista geométrico, funcional e econômico, já que cada partido arquitetônico define uma problemática que envolve também a Coordenação Modular;
- b) somente a experiência poderia sugerir aos fabricantes qual a série dimensional mais aconselhável para os componentes, sendo necessário um conhecimento prévio das grandes cotas modulares mais usadas ou permitidas, que seriam em função de economia local, clima e cultura, principalmente;
- c) o estudo de seleção dos componentes de médio e grande portes poderia ser feita de forma estatística, visando a determinar a frequência de formatos e tamanhos mais solicitados pelo mercado;
- d) a complexidade de certos partidos arquitetônicos levou à conclusão de que uma industrialização totalmente aberta seria muito difícil de realizar em prédios de muitos pavimentos e que, provavelmente, a solução mais viável seria buscar em um meio termo entre os sistemas fechado e aberto.

### 5.3.1.3 Terceira etapa do Plano de Implantação da Coordenação Modular

Não foram encontrados 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 programados cursos e seminários. 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).



### 5.3.2 Noticiário da Coordenação Modular (1969 a 1972)

O Noticiário da Coordenação Modular foi 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 em nível 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 (1970h), 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. Este fato obrigou o CBC a reimprimir os primeiros capítulos para atender a todos os pedidos.

Em meados do ano de 1970, o Noticiário estava sendo enviado a 156 empresas, 121 jornais, 27 revistas, 15 faculdades, 39 professores universitários, 19 federações das indústrias, 28 sindicatos, 16 conselhos regionais de Engenharia e Arquitetura, 17 IABs, 33 COHABs, 7 entidades diversas e 9 agências do BNH, em um total de 487 exemplares (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; CENTRO BRASILEIRO DA CONTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970h).

### 5.3.3 Exposição itinerante

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 NACIONAL DA HABITAÇÃO; CENTRO BRASILEIRO DA CONTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970h).

O programa da exposição (apêndice B) 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.

Para isso, foram pensados painéis com uma diagramação tal que, segundo o CBC, o público não especializado também recebesse as informações sem grande esforço. A solução apresentada oferecia grande flexibilidade e poderia ser montada em ambientes de quaisquer dimensões, tendo em vista que se tratava de uma exposição itinerante a ser mostrada em diversas cidades e localidades. O material utilizado era bastante leve e de fácil transporte. As operações de montagem e desmontagem seriam bastante rápidas e de grande facilidade, não necessitando nenhum trabalhador especializado (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; CENTRO BRASILEIRO DA CONTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970h).

No dia 21 de setembro de 1970, a exposição “Madeira e Civilização” foi inaugurada no Museu de Arte Moderna de São Paulo. A Exposição Itinerante integrou essa exposição a partir de novembro do mesmo ano e estava composta por 16 painéis (CENTRO BRASILEIRO DA CONTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970d).

As escolas e entidades de Engenharia e Arquitetura que tivessem interesse em exibir a exposição deveriam se inscrever no CBC, que informaria as condições para o envio do material (CENTRO BRASILEIRO DA CONTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970d).

#### 5.3.4 Elementos para a avaliação do impacto da racionalização e da Coordenação Modular na indústria de materiais de construção (1978)

Esta publicação, 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, 1978a).

Segundo o BNH/IDEG (1978a), tinha-se a idéia de desencadear o processo de implantação da Coordenação Modular através de uma experiência-piloto, que envolveria não apenas os aspectos específicos da Coordenação Modular, como também um esforço de racionalização e modernização da indústria de materiais de construção, considerada como desempenhando um papel de suporte logístico do programa habitacional.

Neste sentido, foi considerada importante uma investigação do tipo exploratória que, embora trabalhando com um reduzido número de empresas, pudesse detectar e antecipar algumas dificuldades a serem encontradas durante a realização da experiência-piloto. Foram selecionados, dentre aqueles materiais que já tinham sido até então objeto de normas da ABNT, os tijolos de barro cozido, os blocos de concreto, as esquadrias de madeira e as esquadrias de alumínio, sendo escolhidas duas empresas de cada setor, em indústrias da Grande Rio de Janeiro.

Apenas em relação à produção de tijolos de barro é que foram identificadas sérias dificuldades para o atendimento das tolerâncias especificadas pelas normas de Coordenação Modular. O nível tecnológico da indústria na época, em geral, não permitia dispor de recursos técnicos para controle das misturas de barro e das temperaturas de forno, condições necessárias para prever e controlar a retração dimensional ocorrida com a queima do tijolo. Os empresários sugeriram um reexame da própria norma, para que as tolerâncias de fabricação fossem adequadas às possibilidades da indústria na época, mesmo que isso implicasse o uso de um pouco mais de argamassa de rejuntamento.

As conclusões obtidas para o setor de tijolo de barro, após o levantamento, foram, segundo o BNH/IDEG (1978a):

- a) os empresários estavam de pleno acordo com a padronização;
- b) tinham condições de se expandir de acordo com a demanda do produto;
- c) apresentavam equipamentos em bom estado de conservação;
- d) para a fabricação dos tijolos modulares, precisariam investir apenas em boquilhas;
- e) alguns métodos de trabalho poderiam ser melhorados, o que aumentaria a produtividade;
- f) achavam a tolerância de  $\pm 3$  mm quase impossível de ser alcançada; para alcançá-la, teriam de equipar-se com laboratório de controle da qualidade, o que aumentaria em muito o custo da produção; sugeriram, então, a revisão da norma NB 306 quanto a este item.

As conclusões obtidas para o setor de blocos de concreto, após o levantamento, foram, segundo o BNH/IDEG (1978a):

- a) os empresários estavam de pleno acordo com a padronização;
- b) estavam aptos a fabricar produtos modulares, só devendo investir em matrizes;
- c) alguns métodos de trabalho poderiam ser melhorados, aumentando assim a produtividade;
- d) os empresários acreditavam não ser viável a fabricação e a utilização de blocos com altura de 100 mm;
- e) praticamente já estavam fabricando produtos modulares;
- f) um dos empresários sugeriu que fosse padronizado o bloco “U”, já fabricado pela empresa, pois ele auxiliaria em muito o cintamento e a colocação das esquadrias.

As conclusões para o setor de esquadrias de madeira foram, segundo o BNH/IDEG (1978a):

- a) os empresários estavam de pleno acordo com a padronização;
- b) achavam que o BNH deveria especificar a madeira a ser utilizada nas esquadrias;
- c) informaram que os fabricantes do Sul e do Espírito Santo vendiam suas esquadrias no Rio de Janeiro por preços mais baixos que os locais, porém com qualidade e durabilidade inferiores;
- d) não estavam dispostos a deixar de produzir esquadrias de alto luxo;
- e) estavam dispostos a se expandirem para produzirem produtos modulares;
- f) possuíam equipamentos em bom estado;

- g) alguns métodos de trabalho poderiam ser melhorados para surtir melhor produtividade.

Por fim, as conclusões para o setor de esquadrias de alumínio, segundo o BNH/IDEG (1978a):

- a) os empresários pesquisados também estavam de pleno acordo com a padronização;
- b) estavam aptos a fabricarem produtos modulares;
- c) das duas empresas, apenas uma teria que fazer investimento para construir a anodização;
- d) uma das empresas pesquisadas não necessitaria de mudanças nos seus métodos de trabalho, enquanto na outra alguns métodos de trabalho poderiam ser melhorados, aumentando, assim, a sua produtividade.

A pesquisa revelou, de uma forma geral, uma ampla aceitação da Coordenação Modular, desde que a produção encontrasse mercado, conforme preocupação fundamental e unânime de todos os empresários entrevistados (BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO; INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1978a).

### 5.3.5 Experiência-piloto da Coordenação Modular da construção (1978 a 1980)

A experiência-piloto foi 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 através de uma experiência-piloto em uma área geográfica restrita. A experiência-piloto tinha como objetivos, segundo o BNH/IDEG (1980):

- a) efeito de demonstração: a experiência-piloto se constituiria em uma demonstração da viabilidade da Coordenação Modular da construção, concentrando atenções, apresentando e difundindo resultados e atuando como motivação para a utilização da Coordenação Modular;
- b) capitalização de experiência: antes de generalizar a adoção da Coordenação Modular em nível nacional, a experiência-piloto permitiria reconhecer dificuldades, aferir vantagens reais e desvantagens da Coordenação Modular, visando à avaliação real de seu uso e estudando sua adequação à situação brasileira;
- c) associação da Coordenação Modular à racionalização: a experiência-piloto associaria, sempre, face aos desperdícios na produção dos materiais de construção, a racionalização da produção de materiais e, na medida do possível, a racionalização da execução da obra.

Para a experiência-piloto, foram considerados os agentes de quatro áreas de atuação: projeto, indústria de materiais de construção, construção e apoio institucional. A figura 17 mostra os agentes envolvidos nesta experiência e os respectivos estímulos que lhe seriam oferecidos.

Área	Agentes envolvidos	Formas de estímulo
Projeto	-arquitetos - escritórios de arquitetura - empresas construtoras	Sensibilização e treinamento para - projetistas - desenhistas
Indústria de materiais de construção	- indústrias	- sensibilização - assistência técnica - financiamento - garantia de colocação dos produtos modulados
Construção	- incorporadores - construtores - COHABs - INOCOOPs - engenheiros - mestres-de-obra - operários	- sensibilização - treinamento técnico - treinamento de mão-de-obra - controle de qualidade dos materiais modulados - avaliação do desempenho global
Apoio institucional	- sindicatos de indústrias - sindicatos de construção - clube de engenharia - seções do IAB - COHABs - INOCOOPs - escolas de arquitetura e engenharia - instituições de assistência técnica - SENAI	- sensibilização - financiamento de custos de participação (quando necessário)

Figura 17: experiência-piloto: áreas de atuação, agentes envolvidos e formas de estímulo (BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO; INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1980)

O relatório ressalta que os agentes envolvidos seriam motivados através de estímulos, mas nunca através de subsídios. Para as empresas produtoras de componentes construtivos, que sofreriam uma adaptação maior para participarem da experiência-piloto, o estímulo estaria embasado na garantia de mercado. Elas seriam obrigadas a racionalizar seus procedimentos para receberem financiamento do BNH através do programa REINVEST, e assumiriam o compromisso de fornecer uma cota mínima de materiais ao SFH. Para os incorporadores e construtores não haveria nenhum tipo de condição especial de financiamento, já que os méritos da própria Coordenação Modular deveriam ser reconhecidos como estímulo (BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO; INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1980).

Os passos a serem dados seriam os seguintes (BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO; INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1980):

- a) seleção das empresas, na área urbana escolhida, a serem incentivadas, e que aceitassem participar da experiência-piloto, através da produção de componentes modulares;

- b) estudo específico de cada empresa selecionada, planejamento da adaptação e racionalização (inclusive eventuais limitações na linha de produção) e cálculo da composição do custo do produto para fins de estabelecimento do índice de reajuste dos preços;
- c) contratação das empresas escolhidas, garantindo-lhes o mercado dentro das limitações expostas, sendo que as empresas dariam preferência ao SFH na venda de seus produtos, até os limites previstos de absorção. As empresas se submeteriam ao controle de qualidade dos seus produtos e ao fornecimento de dados sobre sua produção e comercialização.

Para a aplicação da experiência-piloto, foram previamente selecionadas cinco áreas urbanas, consideradas mais propícias para o empreendimento: Belo Horizonte, Porto Alegre, Rio de Janeiro, Salvador e São Paulo. A delimitação geográfica dessas áreas urbanas foi baseada no conceito de região metropolitana.

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 (BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO; INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1980).

A área que melhor se enquadrou nestes critérios foi o Rio de Janeiro. Portanto, a experiência-piloto seria realizada na Grande Rio.

Com fins de orientação à implantação da experiência-piloto, foi realizado um pré-dimensionamento, já considerando o Grande Rio (BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO; INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1980):

- a) a experiência-piloto deveria produzir um número regular de habitações, durante três anos, de modo a viabilizar investimentos e consolidar processos, procedimentos e mentalidades;
- b) o número de habitações deveria ser expressivo em relação ao mercado, para que não fosse atribuída uma dimensão de “laboratório”;



- c) a experiência-piloto deveria incluir habitações do tipo popular, das construídas pelas COHABs e cooperativas, para que houvesse um completo controle do experimento;
- d) deveria, na prática, ser prevista uma certa margem na produção de componentes modulares para atender a outros empreendimentos que desejassem aderir à experiência-piloto, já que a experiência seria realizada em sistema aberto.

Essas considerações levaram a uma estimativa de 4.000 a 5.000 casas por ano, durante os três anos de vigência da experiência-piloto. Os materiais deveriam ser fornecidos por, pelo menos, duas empresas fabricantes, para que os riscos de atraso no fornecimento fossem reduzidos.

Foram cinco as atividades distinguidas para a implantação da experiência-piloto (BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO; INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1980):

- a) quanto às normas técnicas: seriam identificadas as normas de Coordenação Modular que porventura ainda faltassem e, caso fosse necessário o desenvolvimento de mais alguma norma, seriam estudados os trabalhos produzidos pelo Bouwcentrum, que serviriam como textos-base;
- b) quanto à produção de materiais: após as indústrias adaptarem sua linha de produção, se submeterem ao controle de qualidade e firmarem contrato com o BNH, seria garantido um nível de demanda equivalente ao ponto de equilíbrio da empresa, durante prazo suficiente para a amortização do investimento;
- c) quanto ao treinamento de projetistas: seriam elaborados áudio-visuais, livros e contratação de cursos por Universidades, IDEG e SENAI;
- d) quanto ao fomento da demanda: por um lado, as contratações na área social do SFH poderiam absorver boa parte, se não toda, a demanda garantida; por outro, deveriam ser mostradas as vantagens da utilização da Coordenação Modular aplicada à racionalização;

- e) quanto à publicidade: seria dada cobertura completa à experiência-piloto, durante todo o seu desenvolvimento, dando ênfase à iniciativa do BNH, à redução de custos e aumento de qualidade, bem como do acesso de qualquer um aos benefícios.

A partir do momento em que estivessem à venda componentes construtivos modulados, projetistas treinados e demanda mobilizada, a experiência-piloto preveria o acompanhamento e avaliação permanentes do controle de qualidade dos materiais; o monitoramento da execução das obras e avaliação; o acompanhamento da demanda e das compras pelo SFH; o controle dos níveis de produção e comercialização pelas empresas produtoras (equilíbrio entre a oferta e a demanda); a análise de resultados técnicos e de custos (BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO; INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1980).

A figura 18 mostra o planejamento geral da experiência-piloto, dos estudos preliminares à execução<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> Não foi identificada bibliografia sobre a realização da experiência-piloto. No entanto, muitas edificações realizadas pelo BNH no final da década de 70 foram experimentos para os conceitos de industrialização que percorriam o Brasil na época e, muito provavelmente, também de princípios de Coordenação Modular.

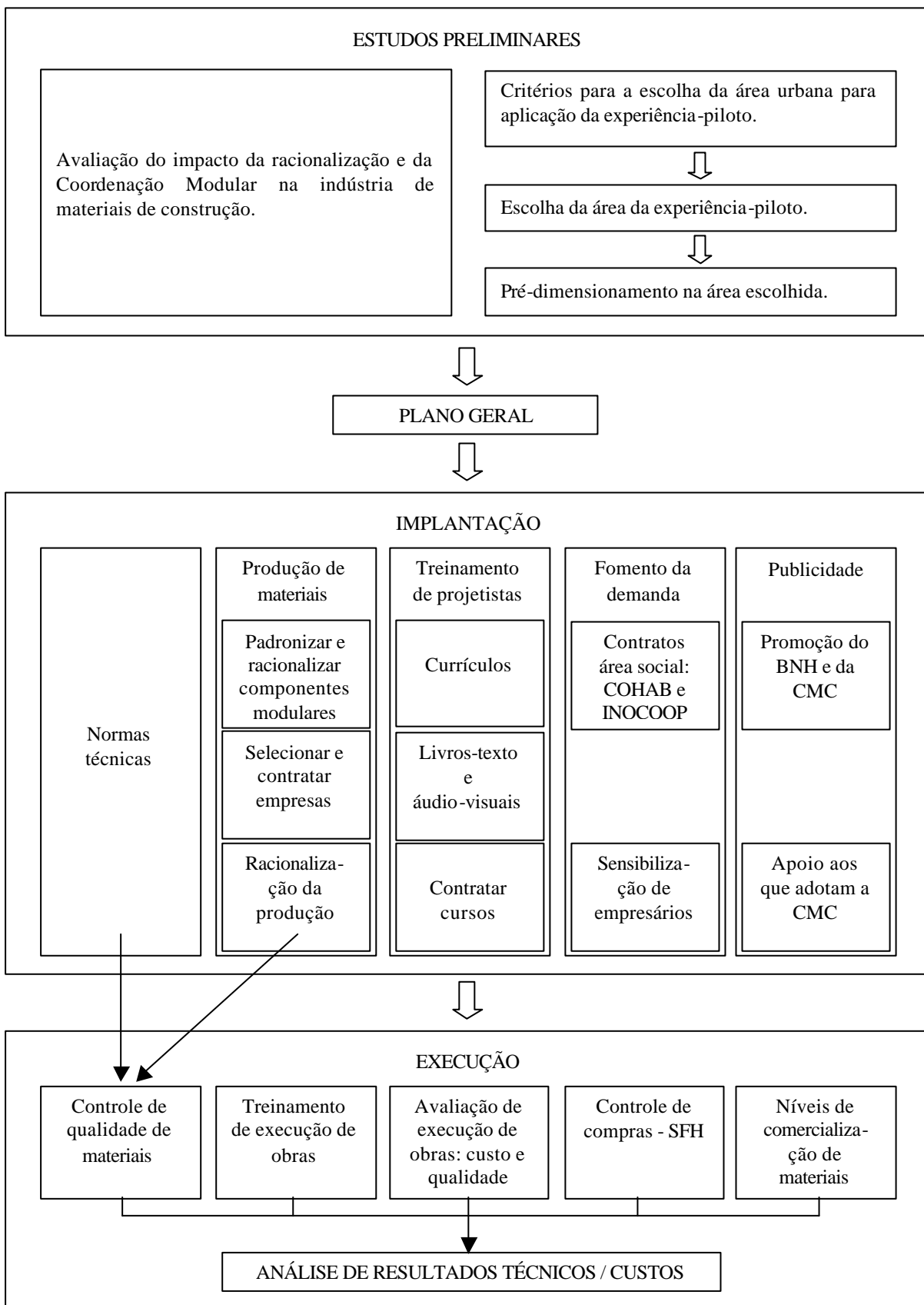


Figura 18: planejamento geral da experiência-piloto (BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO; INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL, 1978b)

### 5.3.6 Normas técnicas

As normas técnicas brasileiras atuais que tratam especificamente da Coordenação Modular somam um total de 26, com datas de publicação de 1977 e 1982. Todas foram 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 figura 19 mostra uma lista destas normas.

<b>Norma</b>	<b>Código</b>	<b>Status</b>	<b>Publicação</b>
Ajustes modulares e tolerâncias	NBR 5725 (orig. NB 417)	em vigor	2/1982
Altura modular de teto-piso (entre pavimentos consecutivos)	NBR 5713 (orig. NB 331)	em vigor	2/1982
Alturas modulares de piso a piso, de compartimento e estrutural	NBR 5710 (orig. NB 305)	em vigor	2/1982
Alvenaria modular	NBR 5718 (orig. NB 340)	em vigor	2/1982
Bloco vazado modular de concreto	NBR 5712 (orig. NB 307)	em vigor	2/1982
Coberturas	NBR 5720 (orig. NB 344)	em vigor	2/1982
Componentes de cerâmica, de concreto ou de outro material utilizado em lajes mistas na construção coordenada modularmente	NBR 5716 (orig. NB 338)	em vigor	2/1982
Coordenação modular da construção - Terminologia	NBR 5731 (orig. TB 202)	em vigor	2/1982
Coordenação modular da construção - Procedimento	NBR 5706 (orig. NB 25)	em vigor	12/1977
Detalhes modulares de esquadrias	NBR 5728 (orig. NB 423)	em vigor	2/1982
Divisória modular vertical interna	NBR 5721 (orig. NB 345)	em vigor	2/1982
Equipamento para complemento da habitação na construção coordenada modularmente	NBR 5727 (orig. NB 422)	em vigor	2/1982
Espaço modular para escadas	NBR 5717 (orig. NB 339)	em vigor	2/1982
Esquadrias modulares	NBR 5722 (orig. NB 346)	em vigor	2/1982
Forro modular horizontal de acabamento (placas, chapas ou similares)	NBR 5723 (orig. NB 372)	em vigor	2/1982
Local e instalação sanitária modular	NBR 5715 (orig. NB 337)	em vigor	2/1982
Multimódulos	NBR 5709 (orig. NB 304)	em vigor	2/1982
Painel modular vertical	NBR 5714 (orig. NB 332)	em vigor	2/1982
Posição dos componentes da construção em relação a quadrícula modular de referência	NBR 5707 (orig. NB 302)	em vigor	2/1982
Princípios fundamentais para a elaboração de projetos coordenados modularmente	NBR 5729 (orig. NB 424)	em vigor	2/1982
Revestimentos	NBR 5719 (orig. NB 343)	em vigor	2/1982
Série modular de medidas	NBR 5726 (orig. NB 420)	em vigor	2/1982
Símbolos gráficos empregados na coordenação modular da construção	NBR 5730 (orig. SB 62)	em vigor	2/1982
Tacos modulares de madeira para soalhos na construção coordenada modularmente	NBR 5724 (orig. NB 373)	em vigor	2/1982
Tijolo modular de barro cozido	NBR 5711 (orig. NB 306)	em vigor	2/1982
Vãos modulares e seus fechamentos	NBR 5708 (orig. NB 303)	em vigor	2/1982

Figura 19: lista das normas referentes à Coordenação Modular publicadas pela ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004)

Estas normas foram as últimas publicações que podem ser consideradas iniciativas em prol da implantação da Coordenação Modular no Brasil. A partir de então, com o fechamento do

BNH em 1986, nada mais foi realizado em âmbito nacional para a sua implantação. Algumas publicações pontuais ainda apareceram pinceladas durante esses anos no país, através de dissertações, teses e artigos, tratando direta ou indiretamente sobre o tema nos campos da habitação popular e da alvenaria racionalizada, mas nenhum dedicando-se a estratégias para sua implementação.

Partindo desse ponto, o capítulo seguinte mostra a situação atual de alguns intervenientes e, dentro do que está acontecendo hoje no cenário da construção civil do Brasil, ações que podem ser uma forma de implementar a Coordenação Modular.

## 6 SITUAÇÃO ATUAL E POSSIBILIDADES DE AÇÕES

Este capítulo tem por objetivo fazer um levantamento, em termos gerais, que mostrem o estado da arte da construção civil no Brasil no que tange à Coordenação Modular. Esse levantamento se refere às seguintes esferas: normas técnicas de Coordenação Modular; certificação; ensino de graduação e ações governamentais: Código de Defesa do Consumidor e o Programa Brasileiro de Produtividade e Qualidade no Habitat. Exemplos são dados através de um estudo da alvenaria racionalizada, em que são tratados a normalização técnica de tijolos/blocos e códigos de edificações, e do Manual Técnico de Modulação de Vãos de Esquadrias.

Cabe esclarecer que essa divisão tem caráter organizacional e serve para melhor apresentação dos estudos da pesquisa. Nenhuma dessas esferas age de forma isolada, havendo sobreposição de ações entre elas.

### 6.1 NORMAS TÉCNICAS DE COORDENAÇÃO MODULAR

As normas brasileiras são de uso voluntário, tornando-se obrigatórias somente quando explicitadas em um instrumento do Poder Público (lei, decreto, portaria, normativa, etc.) ou quando citadas em contratos. Mesmo assim, as não obrigatórias são sistematicamente adotadas como referência em questões judiciais (ABNT, 2000).

As normas de Coordenação Modular são normas sem obrigatoriedade legada por lei, decreto, portaria ou normativa e fixam as condições exigíveis na “construção coordenada modularmente”. Esta condição indica de forma indireta que há uma “construção não coordenada modularmente”, tornando-se livre opção qualquer uma das duas formas de construção.

A NBR 5731 (1982r) - *Coordenação Modular da construção: terminologia*, traz, de uma forma sintética, definições sobre os conceitos utilizados na Coordenação Modular. Da mesma forma, também a NBR 5706 (1977) - *Coordenação Modular da construção: procedimento*,

trata da terminologia empregada, no entanto, coloca que os componentes que sejam modulares devem ser distinguidos com uma marca ou sinal que os identifique como tal.

A NBR 5709 - *Multimódulos: procedimento*, diz, nas condições gerais, que “os multimódulos horizontais e verticais recomendados são 2M e 3M, a serem utilizados em forma separada ou conjunta” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1982b). Estes foram os multimódulos recomendados pelo IMG e utilizados como referência para o Plano de Implantação da Coordenação Modular. Mas a NBR não explicita nem sugere que o multimódulo 2M seja para uso vertical e o 3M para uso horizontal. O multimódulo 2M para a vertical também foi utilizado por Lucini (2001) no Manual Técnico de Modulação de Vãos e Esquadrias. A norma complementa ainda que, quando no projeto se faz uso de componentes modulares cujas medidas definem e regem o dimensionamento do projeto, é conveniente utilizar suas medidas modulares como multimódulos.

Nenhuma das normas de Coordenação Modular fixa dimensões para componentes ou mesmo para alguma medida preferida ou preferível, com exceção das NBR 5711, NBR 5712 e NBR 5724, publicadas pela ABNT em 1982 (1982d, 1982e, 1982p, respectivamente).

A primeira delas, a NBR 5711 - *Tijolo modular de barro cozido: padronização*, trata da padronização dimensional dos tijolos modulares furados ou maciços de barro. A segunda, a NBR 5712 - *Padronização do bloco vazado modular de concreto*, dá a NBR 7173 - *Blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural: especificação*, como documento complementar, e especifica as dimensões para os blocos vazados modulares de concreto. Por fim, a NBR 5724 - *Tacos modulares de madeira para soalhos na construção coordenada modularmente: procedimento*, indica como medidas de projeto para os tacos a dimensão de 10 cm para largura e 10, 20 e 30 cm para o comprimento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1982p).

As normas para os vãos modulares (NBR 5708/1982a); as alturas de piso a piso, de compartimento e estrutural (NBR 5710/1982c); de teto a piso entre pavimentos consecutivos (NBR 5713/1982f); painéis modulares verticais (NBR 5714/1982g); componentes de cerâmica, de concreto ou de outro material utilizado em lajes mistas na construção coordenada modularmente (NBR 5716/1982h); espaço modular para escadas (NBR 5717/1982i); alvenaria modular (NBR 5718/1982j); revestimentos (NBR 5719/1982k); coberturas (NBR 5720/1982l); divisória modular vertical interna (NBR 5721/1982m);

esquadrias modulares (NBR 5722/1982n) e forro modular horizontal de acabamento (NBR 5723/1982o) estabelecem que estes componentes ou medidas devem ter dimensões modulares, mas não especifica nenhuma.

A NBR 5708 - *Vãos modulares e seus fechamentos: procedimento* - não especifica nenhuma altura para os vãos, apenas diz, nas condições gerais, que as medidas modulares dos vãos são escolhidas levando em consideração as necessidades funcionais, o material, a fabricação e o assentamento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1982a). Tomando-se, então, na falta da especificação de uma altura modular na norma referente ao assunto, os estudos do Plano de Implantação da Coordenação Modular da Construção, a altura modular para portas a que chegaram os estudos foi de 22M, 24M e 26M, facilmente obtidas com a adição do multimódulo vertical 2M, mas não com o 4M. No entanto, com o tijolo de altura nominal 7 cm, só pode ser obtida a altura modular 24M (4M x 6 multimódulos = 24M), perdendo-se um pouco da flexibilidade em relação às dimensões verticais quanto à altura de vãos.

## 6.2 CERTIFICAÇÃO

A lei federal 5966, de 11 de dezembro de 1973 instituiu, em seu artigo 1º, o Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, com a finalidade de formular e executar a política nacional de metrologia, normalização industrial e certificação de qualidade de produtos industriais. A mesma lei cita a criação, no Ministério da Indústria e do Comércio, do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (CONMETRO), órgão normativo do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (BRASIL, 1973).

O Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) também foi criado pela mesma lei, como uma autarquia federal, vinculada ao Ministério da Indústria e do Comércio para ser o órgão executivo central do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. O INMETRO pode, mediante autorização do CONMETRO, credenciar entidades públicas ou privadas para a execução de atividades de sua competência, exceto as de metrologia legal (BRASIL, 1973).



A lei federal 9933, de 20 de dezembro de 1999, que dispõe sobre as competências do CONMETRO e do INMETRO, em seu artigo 1º, diz que “todos os bens comercializados no Brasil, insumos, produtos finais e serviços, sujeitos à regulamentação técnica, devem estar em conformidade com os regulamentos técnicos pertinentes em vigor” (BRASIL, 1999). E diz ainda, no artigo 2º, que o CONMETRO é competente para expedir atos normativos e regulamentos técnicos, nos campos da Metrologia e da Avaliação da Conformidade de produtos, de processo e de serviços. Os regulamentos técnicos devem considerar, quando couber, o conteúdo das normas técnicas adotadas pela ABNT.

O artigo 5º (BRASIL, 1999) coloca que as pessoas físicas e as pessoas jurídicas, nacionais ou estrangeiras, que atuem no mercado para fabricar, importar, processar, montar, acondicionar ou comercializar bens, mercadorias e produtos e prestar serviços, ficam obrigadas à observância e ao cumprimento dos deveres instituídos por esta lei e pelos atos normativos e regulamentos técnicos e administrativos expedidos pelo CONMETRO e pelo INMETRO.

O artigo 7º da mesma lei relata que se constitui em infração a esta, ao seu regulamento e aos atos normativos baixados pelo CONMETRO e pelo INMETRO a ação ou omissão contrária a qualquer dos deveres jurídicos instituídos por essas normas nos campos da metrologia legal e da certificação compulsória da conformidade de produtos, de processos e de serviços (BRASIL, 1999). Essas infrações serão processadas e julgadas, bem como aplicadas aos seus infratores, isolada ou cumulativamente, as penalidades de: advertência, multa, interdição, apreensão, inutilização (BRASIL, 1999). Os procedimentos administrativos relativos à apuração destas infrações são objeto da portaria nº 2 do INMETRO, de 8 de janeiro de 1999 (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL, 1999a).

Existe ainda um Termo de Acordo assinado entre a Secretaria de Direito Econômico e o INMETRO, em 22 de novembro de 1995, no qual o INMETRO é reconhecido como integrante do Sistema Nacional de Defesa do Consumidor, tendo como competência, entre outras, a de verificar a conformidade de produtos às normas e regulamentos técnicos (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL, 1999b).

Como órgão responsável pela certificação no Brasil, o INMETRO, em conjunto com os laboratórios credenciados, realiza os ensaios de produtos tanto de certificação compulsória,

quanto de certificação voluntária. Os produtos com certificação compulsória utilizados na construção civil são: interruptores, plugues, tomadas, disjuntores, reatores para lâmpada fluorescente tubular e reatores eletrônicos alimentados em corrente alternada para lâmpada fluorescente tubular (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL, 2003).

Ainda segundo o INMETRO (2003), os produtos com certificação voluntária utilizados para a construção civil são: bloco cerâmico para alvenaria; bloco vazado de concreto, com e sem função estrutural; cimento Portland composto; cimento Portland comum; cimento Portland de alto-forno; cimento Portland destinado à cimentação de poços petrolíferos; cimento Portland pozolânico; cimento Portland resistente a sulfatos; equipamentos de iluminação e seus componentes; escada doméstica metálica; perfil de aço tipo I, perfil de aço tipo U, cantoneira de aço (abas iguais); placas cerâmicas para revestimento; produtos de fibrocimento que contenham amianto: reservatório de fibrocimento para água potável, telha ondulada de fibrocimento, telha estruturada de fibrocimento, telha de fibrocimento tipo pequenas ondas e do tipo canal; revestimento cerâmico; sistemas prediais de água pluvial, esgoto sanitário e ventilação: tubos e conexões de PVC; sistemas prediais de água fria: tubos e conexões de PVC 6,3 com junta soldável; telha cerâmica de capa e canal; telha cerâmica tipo francesa; telha cerâmica tipo romana; vidros temperados para construção civil.

O programa destinado a realizar ensaios em produtos comercializados no Brasil é o Programa de Análise de Produtos, que, segundo o INMETRO (2003), tem por objetivos:

- a) prover mecanismos para que o INMETRO mantenha o consumidor brasileiro informado sobre a adequação dos produtos aos regulamentos e às normas técnicas, contribuindo para que ele faça escolhas melhor fundamentadas, tornando-o mais consciente de seus direitos e responsabilidades;
- b) fornecer subsídios para a indústria nacional melhorar continuamente a qualidade de seus produtos;
- c) diferenciar os produtos disponíveis no mercado nacional em relação à sua qualidade, tornando a concorrência mais equalizada;

- d) tornar o consumidor parte efetiva deste processo de melhoria da qualidade da indústria nacional.

O INMETRO (2003) deixa claro que estes ensaios não se destinam a aprovar marcas ou modelos de produtos. O fato de as amostras analisadas estarem ou não de acordo com as especificações de uma norma ou regulamento técnicos indica uma tendência do setor em termos de qualidade, em um determinado tempo. A partir dos resultados obtidos, são definidas, em articulação com as partes interessadas, as ações necessárias de apoio aos setores produtivos na busca da melhoria da qualidade dos produtos, tornando o produto nacional mais competitivo e contribuindo para que o consumidor tenha, à sua disposição no mercado, produtos adequados às suas necessidades. São priorizados neste Programa aqueles produtos de consumo intensivo e extensivo pela sociedade e que estejam relacionados a questões que envolvam a segurança e a saúde dos consumidores e o meio ambiente.

A análise de conformidade realizada pelo INMETRO em materiais de construção tem como um de seus objetivos principais fornecer informações que possam orientar os consumidores e os programas setoriais da qualidade existentes, obtendo-se resultados mais imediatos e um engajamento maior das partes envolvidas. Em julho de 1998, de acordo com dados da Secretaria Executiva do Comitê Nacional de Desenvolvimento Tecnológico da Habitação (INMETRO, 2003), **o percentual médio de não conformidade dos materiais e componentes da construção civil habitacional estava em torno de 40. A prática da atividade de não conformidade intencional com a qual o setor se depara desestabiliza grande parte do mercado e beneficia somente alguns fabricantes, revendedores de materiais e construtores e prejudica o usuário final da habitação** (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL, 2003).

A título de exemplo, são apresentados a seguir os resultados obtidos nos ensaios realizados pelo Programa de Análise de Produtos do INMETRO, em amostras de blocos cerâmicos de vedação.

Para a realização dos ensaios de blocos cerâmicos de vedação, foram utilizados, como referência, os seguintes documentos: NBR 7171 - *Bloco cerâmico para alvenaria: especificação*; NBR 6461 - *Bloco cerâmico para alvenaria, verificação da resistência à compressão: método de ensaio* - e a portaria nº 152 do INMETRO (estabelece as condições

para comercialização dos blocos cerâmicos para alvenaria e a metodologia para execução do exame de verificação da conformidade metrológica dos mesmos).

Foram selecionadas doze marcas de fabricantes nacionais de blocos cerâmicos para alvenaria localizados em alguns dos principais pólos cerâmicos do país para que fossem submetidas aos ensaios de conformidade. Considerando que uma das diretrizes do Programa de Análise de Produtos é avaliar a tendência da conformidade do produto, não se faz necessário analisar todas as marcas disponíveis no mercado nacional (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL, 2003).

A verificação dos requisitos descritos na portaria 152 do INMETRO ficou a cargo dos órgãos fiscalizadores dos estados onde as amostras foram adquiridas e foi realizada utilizando-se o procedimento rotineiro da fiscalização de produtos pré-medidos em que as amostras são coletadas nos pontos de venda e transportadas para o laboratório no qual a verificação metrológica é realizada. As empresas responsáveis pelos produtos coletados são contatadas e convidadas a presenciar o exame (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL, 2003).

Foram realizados ensaios de conformidade para determinação da resistência à compressão mínima, para determinação da absorção de água e para determinação das características geométricas. Para esta última classe de características, foram feitos os ensaios de desvio em relação ao esquadro<sup>17</sup>, planeza das faces ou flecha, espessura das paredes externas, verificação das inscrições e verificação das dimensões nominais.

**Das doze marcas analisadas, cinco foram consideradas não conformes.**

### 6.3 ENSINO DE GRADUAÇÃO

Para verificar a formação acadêmica dos profissionais das áreas de projeto e execução de obras na construção civil, procurou-se conhecer as diretrizes curriculares gerais lançadas pelo

---

<sup>17</sup> O ensaio de desvio em relação ao esquadro é realizado com o auxílio de um esquadro metálico para verificar a perpendicularidade entre a base do bloco, por onde é feito o seu assentamento, e a sua face externa, destinada ao revestimento (INMETRO, 1998). A não conformidade neste ensaio indica que a parede poderá ter problemas de prumo.

Ministério da Educação (MEC) para os cursos de graduação de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia, já que não há diretrizes curriculares específicas para o curso de Engenharia Civil.

A portaria 1770, de 21 de dezembro de 1994, fixa as diretrizes curriculares e o conteúdo mínimo do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo, considerando as recomendações dos seminários regionais e nacional dos cursos de Arquitetura e Urbanismo e da Comissão de Especialistas de Ensino de Arquitetura e Urbanismo da Secretaria de Educação Superior do próprio Ministério (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 1994). O conteúdo mínimo para este curso de graduação, segundo o MEC (1994), divide-se em três partes interdependentes:

- a) matérias de fundamentação, constituindo-se em conhecimentos fundamentais e integrativos de áreas correlatas: estética, história das artes; estudos sociais e ambientais; desenho;
- b) matérias profissionais, constituindo-se em conhecimentos que caracterizam as atribuições e responsabilidades profissionais: história e teoria da Arquitetura e Urbanismo; técnicas retrospectivas; projeto de Arquitetura, de Urbanismo e de Paisagismo; tecnologia da construção; sistemas estruturais; conforto ambiental; topografia; informática aplicada à Arquitetura e Urbanismo; planejamento urbano e regional;
- c) trabalho final de graduação.

O estudo da racionalização e da industrialização da construção, contexto em que está inserida a Coordenação Modular, faz parte, claramente, das matérias profissionais, especificamente da tecnologia da construção. No parágrafo 4, o MEC (1994) explicita que, na área da tecnologia da construção, incluem-se os estudos relativos aos materiais e técnicas construtivas, instalações e equipamentos prediais e a infra-estrutura urbana, mas não faz nenhuma menção à área da racionalização e industrialização.

Para os cursos de Engenharia, as diretrizes curriculares gerais começam por identificar o perfil do egresso, que deve compreender uma sólida formação técnico-científica e profissional geral que o capacite a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2001).

Sobre os conteúdos curriculares, o MEC (2001) coloca que o curso de Engenharia, independente de sua modalidade, deve possuir em seu currículo um núcleo de conteúdos básicos, com cerca de 30% da carga horária mínima; um núcleo de conteúdos profissionalizantes, com cerca de 15% de carga horária mínima e um núcleo de conteúdos específicos que caracterizem a modalidade. Para a modalidade de Engenharia Civil, pode-se selecionar, dentre os tópicos discriminados no documento para a caracterização da modalidade, aqueles que mais remetem ao tema desta pesquisa: construção civil, engenharia do produto e materiais de construção civil. Estes tópicos se revelam bastante genéricos e, com a tendência atual de minimizar os currículos, possivelmente os conhecimentos também venham a ser minimizados.

Na prática, poucos cursos<sup>18</sup>, tanto de Arquitetura e Urbanismo quanto de Engenharia Civil, possuem em seu currículo disciplinas relativas ao tema, já que as diretrizes curriculares, promovidas pelo órgão responsável pelo Ensino no país, não o abordam especificamente.

## 6.4 EXEMPLOS DE AVANÇO

Para exemplificar duas situações atuais sobre componentes construtivos no Brasil, tomou-se como base de estudo os tijolos/blocos e as esquadrias. Os tijolos e blocos são apresentados na alvenaria racionalizada, através de dois envolvidos diretamente: as normas técnicas de blocos e tijolos e os códigos de edificações. Em seguida, o estudo das esquadrias, através do Manual de modulação de vãos de esquadrias.

### 6.4.1 Alvenaria racionalizada

A utilização da alvenaria racionalizada, também chamada de alvenaria modular, tanto de blocos cerâmicos quanto de concreto, tem trazido um bom avanço em relação às questões de desperdícios e produtividade, pois utiliza a Coordenação Dimensional, que, muitas vezes é confundida com a própria Coordenação Modular. Para Yraola [196-], Coordenação

---

<sup>18</sup> Foram verificados os currículos dos cursos de Arquitetura e Urbanismo e de Engenharia Civil de dez Universidades brasileiras. Os dados não foram tabulados em função da desatualização e/ou imprecisão das informações encontradas nos *sites* das Universidades.

Dimensional é um sistema racional para estabelecer e coordenar as dimensões e disposições dos elementos que intervêm em uma construção. A diferença entre a Coordenação Dimensional e a Modular é o emprego ou não de um módulo básico. Apesar de a Coordenação Dimensional ser muito mais flexível, a adoção de um módulo como base de normalização dos elementos construtivos é uma condição fundamental para industrializar a produção (YRAOLA, [196-]), e, tendo em vista que o buscado é a industrialização aberta, ela só será concretizada quando houver a utilização de um módulo comum a todos os componentes.

O que está sendo empregado na alvenaria racionalizada é uma modulação a partir das dimensões dos componentes utilizados - os blocos - para que se evitem cortes no momento da montagem. É uma forma de suprir a não utilização dos princípios da Coordenação Modular nos componentes construtivos no Brasil.

Segundo estudos realizados por Isatto et al. (2000),

com relação à execução das paredes, nota-se que muitos problemas estão associados a falhas de projeto – falta de coordenação modular, detalhes de difícil execução, inexistência de detalhamento adequado, etc. Chama a atenção a quantidade de blocos cerâmicos cortados necessários à execução das paredes – em média 17,8% das peças (em 40 obras estudadas). No caso de blocos de concreto, este percentual foi mais reduzido, cerca de 12,1% (23 obras), provavelmente pelo fato de que este tipo de bloco é mais utilizado em alvenaria estrutural, para a qual existem cuidados maiores no projeto.

O uso da alvenaria racionalizada se deve, em parte, à crescente utilização de alvenaria estrutural no Brasil, acelerada na década de 80, quando, além dos blocos de concreto e da cerâmica, se difundiram outros, como os sílico-calcário e de concreto celular autoclavado, contribuindo sensivelmente para consolidar os sistemas construtivos que têm por base a alvenaria estrutural (OLIVEIRA, N., 1990). Segundo Duarte (1999),

Aspectos de Coordenação Modular devem reger qualquer projeto, tanto para ordenar os elementos de uma forma coerente quanto para garantir proporções espaciais harmoniosas. Os edifícios em alvenaria estrutural não possuem a flexibilidade do concreto armado e a modulação, principalmente quando se empregam blocos de concreto ou blocos cerâmicos, é uma prerrogativa do projeto. A relação com as dimensões do bloco escolhido e a exigência de que este atenda às mínimas variações expressas em norma, obrigam o projetista a limitar suas decisões a coordenadas previamente definidas. Este procedimento deve ser obedecido em ambas as direções (horizontal e vertical), nas quais todas as dimensões serão múltiplas inteiras das dimensões dos blocos (verticais) ou dos meio-blocos (horizontais).

Segundo os estudos realizados por Roman (2001), a Coordenação Modular pode representar um acréscimo de produtividade em cerca de 10% para o caso da alvenaria.

#### 6.4.2 Normalização técnica

A figura 20 mostra as dimensões modulares e de projeto referentes aos tijolos de barro cozido, encontradas na NBR 5711 - *Tijolo modular de barro cozido: padronização*. Como junta de projeto é considerado 1 cm.

Componente	Medidas modulares (em cm)			Medidas de projeto (em cm)		
	Largura (L)	Altura (H)	Compr. (C)	Largura (L)	Altura (H)	Compr. (C)
Tijolos furados de barro cozido	10	10	20	9	9	19
	10	20	20	9	19	19
	10	20	30	9	19	29
Tijolos maciços de barro cozido <sup>19</sup>	10	8	10	9	7	9
	10	8	20	9	7	19

Figura 20: dimensões para tijolo modular de barro cozido, da NBR 5711 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1982a)

Comparando-se as dimensões dos tijolos de barro da NBR 5711 com as dimensões estudadas na segunda etapa do Plano de Implantação da Coordenação Modular da Construção, verifica-se que as dimensões para o tijolo furado são as mesmas. No entanto, para o tijolo maciço a norma dá 7 cm como altura nominal, o que preenche o espaço modular altimétrico 4M a cada 5 fiadas (7 cm do tijolo + 1 cm da junta x 5).

Para que se tenha uma visão de como os tijolos são tratados em outras normas, mostram-se as dimensões padronizadas pelas normas específicas de tijolos maciços cerâmicos. A figura 21 mostra as dimensões nominais (referentes às dimensões de projeto) estabelecidas pelas NBR 7170 - *Tijolo maciço cerâmico para alvenaria: especificação*, e pela NBR 8041 - *Tijolo maciço cerâmico para alvenaria, forma e dimensões: padronização*, de onde se conclui que a dimensão de altura adotada de 5,7 cm, semelhante à encontrada no Plano de Implantação da Coordenação Modular, que era de 5,6 cm, satisfaz o módulo altimétrico 2M, pois a cada 3 fiadas consegue atingir a altura deste multimódulo.

<sup>19</sup> A altura só preenche o espaço modular a cada 5 fiadas. São necessárias 5 fiadas de tijolos para se obter uma altura com espaço modular de 4M.



Dimensões nominais (em cm)		
Largura (L)	Altura (H)	Compr. (C)
9	5,7	19
9	9	19

Figura 21: dimensões para tijolo maciço cerâmico para alvenaria, conforme a NBR 7170 e a NBR 8041 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1983a e 1983b)

Ainda tratando de elementos cerâmicos, as duas normas que definem dimensões para blocos cerâmicos para alvenaria são a NBR 7171 - *Bloco cerâmico para alvenaria: especificação* e a NBR 8042 - *Bloco cerâmico para alvenaria, formas e dimensões: padronização*. As dimensões nominais recomendadas por estas duas normas para os blocos cerâmicos de vedação e estruturais, comuns e especiais estão indicadas na figura 22.

Tipo de bloco	Dimensões conhecidas comercialmente (em cm)			Dimensões nominais (em cm)		
	Largura (L)	Altura (H)	Compr. (C)	Largura (L)	Altura (H)	Compr. (C)
Comum	10	20	20	9	19	19
	10	20	25	9	19	24
	10	20	30	9	19	29
	10	20	40	9	19	39
	12,5	20	20	11,5	19	19
	12,5	20	25	11,5	19	24
	12,5	20	30	11,5	19	29
	12,5	20	40	11,5	19	39
	15	20	20	14	19	19
	15	20	25	14	19	24
	15	20	30	14	19	29
	15	20	40	14	19	39
	20	20	20	19	19	19
	20	20	25	19	19	24
	20	20	30	19	19	29
	20	20	40	19	19	39
Especial	10	10	20	9	9	19
	10	15	20	9	14	19
	10	15	25	9	14	24
	12,5	15	25	11,5	14	24

Figura 22: dimensões para blocos cerâmicos, segundo a NBR 7171 e a NBR 8042 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992a e 1992 b)

As dimensões colocadas pelas normas demonstram uma padronização de blocos que indica a utilização dos módulos decimétrico e octamétrico. As dimensões dos blocos das linhas em cinza são do sistema octamétrico. Esses blocos são totalmente dispensáveis se considerarmos que o Brasil utiliza o sistema modular decimétrico. Isso simplificaria a sua produção dos blocos, que teriam uma quantidade de tipos reduzida praticamente pela metade.

Tratando-se dos blocos de concreto, mostra-se, na figura 23, as dimensões modulares e de projeto referentes aos blocos vazados de concreto, segundo a norma de Coordenação Modular para blocos de concreto, a NBR 5712 - *Bloco vazado modular de concreto: padronização*, que indica como documento complementar a NBR 7173 - *Blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural: especificação*.

Componente	Medidas modulares (em cm)			Medidas de projeto (em cm)		
	Largura (L)	Altura (H)	Compr. (C)	Largura (L)	Altura (H)	Compr. (C)
Blocos vazados de concreto de altura comum	20	20	10	19	19	9
	15	20	10	14	19	9
	10	20	10	9	19	9
	20	20	20	19	19	19
	15	20	20	14	19	19
	10	20	20	9	19	19
	20	20	40	19	19	39
	15	20	40	14	19	39
	10	20	40	9	19	39
Blocos vazados de concreto de meia altura	20	10	10	19	9	9
	15	10	10	14	9	9
	10	10	10	9	9	9
	20	10	20	19	9	19
	15	10	20	14	9	19
	10	10	20	9	9	19
	20	10	40	19	9	39
	15	10	40	14	9	39
	10	10	40	9	9	39

Figura 23: dimensões para bloco vazado modular de concreto, segundo a NBR 5712 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1982e)

Com finalidade comparativa, a fim de que se saiba como os blocos de concreto são dimensionados na NBR 7173, a figura 24 mostra as dimensões reais sugeridas por esta norma, de onde se verifica uma certa disparidade de uma em relação à outra.

Dimensão (cm)	Designação	Dimensões reais (em cm)		
		Largura (L)	Altura (H)	Compr. (C)
20	M-20	19	19	39
		19	19	29
		19	19	19
		19	19	9
		19	9	19
15	M-15	14	19	39
		14	19	34
		14	19	29
		14	19	19
10	M-10	9	19	39
		9	19	29
		9	19	19
		9	19	14
		9	19	9
		9	9	19

Figura 24: dimensões reais dos blocos modulares e submodulares vazados de concreto simples, segundo a NBR 7173 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1982s)

Ainda há uma terceira norma sobre blocos de concreto, a mais atual dentre elas, a NBR 6136 - *Blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural*, cujas dimensões sugeridas para os blocos encontram-se na figura 25. Verifica-se a utilização do multimódulo 2M para a vertical, através da padronização das alturas em 19 cm.

Dimensão (cm)	Designação	Dimensões reais (em cm)		
		Largura (L)	Altura (H)	Compr. (C)
20	M-20	19	19	39
		19	19	19
15	M-15	14	19	39
		14	19	19

Figura 25: dimensões reais dos blocos modulares e submodulares vazados de concreto simples, conforme a NBR 6136 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994)

Nenhuma das normas sobre blocos cerâmicos ou de concreto sugere como documento complementar alguma norma de Coordenação Modular. No entanto, há um projeto de norma, em andamento, o Projeto NBR XX02/2003 - *Bloco cerâmico para alvenaria estrutural: especificação*, que recomenda como normas complementares, entre outras, as seguintes normas de Coordenação Modular: a NBR 5706 - *Coordenação Modular da construção: procedimento*, a NBR 5718 - *Alvenaria modular: procedimento*, e a NBR 5729 - *Princípios fundamentais para a elaboração de projetos coordenados modularmente*. As dimensões

nominais de blocos cerâmicos estruturais usuais que o projeto de norma apresenta estão relacionadas na figura 26.

Dimensões modulares L x H x C (cm)	Dimensões nominais (em cm)			
	Largura (L)	Altura (H)	Compr. (C)	Componente
(3/2M)x(2M)x(3M) 15x20x30	14	19	29	bloco
			14	½ bloco
			44	T
(3/2M)x(2M)x(4M) 15x20x40			39	bloco
			19	½ bloco
			34	L
			54	T
(3/2M)x(2M)x(5/2M) 15x20x25			24	bloco
			11,5	½ bloco
			26,5	L
			39	T
(2M)x(2M)x(3M) 20x20x30	19	19	29	bloco
			14	½ bloco
			34	C
			49	T
(2M)x(2M)x(4M) 20x20x40			39	bloco
			19	½ bloco
			59	T
(2M)x(2M)x(5/2M) 20x20x25			24	bloco
			11,5	½ bloco
			31,5	L
			44	T
(5/4M)x(2M)x(3M) 12,5x20x30	11,5	19	29	bloco
			14	½ bloco
			26,5	L
			41,5	T
(5/4M)x(2M)x(4M) 12,5x20x40			39	bloco
			19	½ bloco
			31,5	L
			51,5	T
(5/4M)x(2M)x(5/2M) 12,5x20x25			24	bloco
			11,5	½ bloco
			36,5	T

Figura 26: dimensões dos blocos cerâmicos estruturais usuais, segundo o Projeto NBR XX02 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003)

Mais uma vez aparecem os blocos com modulação octamétrica (largura 11,5 cm), pois em um outro projeto de norma, o Projeto NBR XX03/2003 - *Bloco cerâmico para alvenaria estrutural e de vedação: método de ensaio* - em que está sendo considerado como módulo dimensional dos blocos cerâmicos o módulo de 10 cm, o qual permite que também sejam utilizados os submódulos M/2 e M/4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004). Este último submódulo é que dá origem aos blocos de largura 11,5 cm.

#### 6.4.2.1 Códigos de edificações

Dentro da questão da alvenaria, foram levantadas as especificações dos códigos de edificações de Porto Alegre e Novo Hamburgo, como exemplo em relação ao quesito de espessura das paredes. O código de edificações de uma cidade é a legislação básica para a aprovação de qualquer tipo de projeto junto ao município.

A figura 27 mostra as exigências em relação às espessuras de paredes quando da aprovação de projetos junto às prefeituras de Porto Alegre e de Novo Hamburgo.

Município	Casos	Espessura	Observações
Porto Alegre	Paredes externas em geral; divisão entre unidades autônomas	25 cm 23 cm	- bloco cerâmico - tijolo maciço
	Paredes divisórias entre áreas de uso comum e paredes divisórias de áreas privativas com as de uso comum; paredes de dutos; paredes externas de lavanderias	15 cm 13 cm	- bloco cerâmico - tijolo maciço
Novo Hamburgo	Paredes de vedação ou sustentação de alvenaria de tijolos maciços, quando sobre as divisas lindeiras do lote	22 cm	- espessura mínima
	Paredes de vedação ou sustentação de alvenaria de tijolos maciços, quando externas ou entre economias distintas	17 cm	- espessura mínima
	Paredes de vedação de alvenaria de tijolos furados ou blocos	12 cm	- espessura mínima
	Paredes de subdivisão	6 cm	- espessura mínima
	Paredes revestidas deverão ter a espessura mínima acrescida da espessura do revestimento.		

Figura 27: especificação de espessuras de paredes em Porto Alegre e Novo Hamburgo (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 1993; PREFEITURA MUNICIPAL DE NOVO HAMBURGO, 2003)

Tem-se, para a largura de blocos de acordo com a Coordenação Modular decimétrica 3 tamanhos padronizados: 9 cm, 14 cm e 19 cm (dimensões nominais), o que implica paredes que teriam a mesma espessura dos blocos ou esta espessura acrescida do revestimento. Nos casos das paredes mais espessas não é possível seguir a legislação municipal se forem usados os blocos padronizados de acordo com a Coordenação Modular decimétrica.

#### 6.4.3 Manual Técnico de Modulação de Vãos de Esquadrias

O Manual Técnico de Modulação de Vãos de Esquadrias foi 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).

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 baseado 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 28 mostra a relação dimensional de vãos e esquadrias a que o estudo realizado neste Manual chegou.

<b>Vão modular (em cm)</b>	<b>Vão disponível à vedação (em cm)</b>	<b>Dimensão modular da esquadria (em cm)</b>	<b>Dimensão nominal da esquadria (em cm)</b>	<b>Junta nominal total (em cm)</b>	<b>Junta nominal perimetral (em cm)</b>
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 28: exemplo de relação dimensional entre vãos e esquadrias (LUCINI, 2001)

O resultado do Manual é um catálogo (apêndice C) 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.

Lucini (2001) finaliza dizendo 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 + 1 cm; a dimensão da esquadria é o vão modular - 5 cm; o vão iluminação/ventilação é o vão modular - 10 cm, ou dimensão da esquadria - 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.

## 6.5 AÇÕES GOVERNAMENTAIS

### 6.5.1 Código de Defesa do Consumidor

A lei 8078, de 11 de setembro de 1990, conhecida como Código de Defesa do Consumidor, dispõe, no artigo 1º, que o código estabelece normas de proteção e defesa do consumidor, de ordem pública e interesse social (BRASIL, 1990). O artigo 4º, em redação dada pela lei 9008, de 21 de março de 1995, explicita que a política nacional das relações de consumo tem por objetivo o atendimento das necessidades dos consumidores, o respeito à sua dignidade, saúde e segurança, a proteção de seus interesses econômicos, a melhoria da sua qualidade de vida, bem como a transparência e harmonia das relações de consumo (BRASIL, 1995).

Sendo assim, é cabível ao consumidor a utilização do Código de Defesa do Consumidor a seu favor, em casos que relatassem, por exemplo, desperdício de material em função do não cumprimento aos princípios da Coordenação Modular, ou ainda, quanto à qualidade e controle dimensional dos componentes.

### 6.5.2 Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat

O Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) foi instituído pela portaria 134 de 18 de dezembro de 1998, do então Ministério do Planejamento e Orçamento.

Tem, por objetivo geral, “apoiar o esforço brasileiro de modernidade pela promoção da qualidade e produtividade do setor da construção habitacional, com vistas a aumentar a competitividade de bens e serviços por ele produzidos, estimulando projetos que melhorem a qualidade do setor” (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 2002).

O PBQP-H (2004) se propõe a organizar o setor da construção civil em torno de duas questões principais: a melhoria da qualidade do habitat e a modernização produtiva. Envolve um espectro relativamente amplo de ações, entre as quais se destacam a qualificação de construtoras e de projetistas, a melhoria da qualidade de materiais, formação e requalificação de mão-de-obra, normalização técnica, capacitação de laboratórios, aprovação técnica de tecnologias inovadoras e comunicação e troca de informações. Com essas ações, é esperado o aumento da competitividade no setor, a melhoria da qualidade de produtos e serviços, a redução de custos e a otimização do uso dos recursos públicos. O objetivo a longo prazo é criar um ambiente de isonomia competitiva que propicie soluções mais baratas e de melhor qualidade para a redução do déficit habitacional no país e, em especial, o atendimento das famílias consideradas de interesse social.

Segundo o próprio PBQP-H (2004), diversas entidades representativas de construtores, projetistas, fornecedores, fabricantes de materiais e componentes, comunidade acadêmica e entidades de normalização, além do Governo Federal participam do Programa, que se caracteriza por:

- a) ser um programa de adesão voluntária;
- b) ser um programa com o objetivo de, em futuro próximo, estar integralmente assumido pelo setor privado. Neste sentido, sua estrutura envolve, desde o início, entidades representativas do setor, representadas por duas Coordenações Nacionais, que traçam as diretrizes do Programa em conjunto com a SEPURB. Tais diretrizes são estabelecidas em fórum próprio, de caráter consultivo, o Comitê Nacional de Desenvolvimento Tecnológico da Habitação – CTECH, cuja presidência é rotativa entre entidades do governo e do setor;
- c) ser um programa que não se vale de novas linhas de financiamento, mas sim que procura estimular o uso eficiente de recursos existentes, de



diferentes fontes (OGU, FGTS, poupança, etc.) e aplicados por diferentes entidades (CAIXA, BNDES, FINEP, SEBRAE, SENAI, etc.). Da mesma forma, o programa conta com grande contrapartida privada, sendo os recursos novos (OGU) destinados basicamente para custeio e divulgação.

Foram observadas as seguintes tendências nos segmentos produtores de materiais de construção (PROGRAMA BRASILEIRO DA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DO HABITAT, 2004):

- a) deterioração da qualidade dos produtos (nacionais e importados) e da atividade comercial e degradação de alguns tipos de componentes e materiais, com grande dificuldade na recuperação da imagem do produto;
- b) crescimento da atividade de não-conformidade intencional de alguns fabricantes que desestabilizam, por efeito "dominó", grande parte do mercado. Esta atividade ilegal beneficia somente alguns fabricantes, revendedores de materiais e construtores inescrupulosos, e prejudica o usuário final da habitação.

E continua, em relação às observações nos segmentos industriais direcionados para a produção de materiais de construção para habitação:

- a) a tendência do mercado é se concentrar, por um lado, em conhecidas marcas comerciais e, por outro, em não-conformidade intencional;
- b) até 5% ou 10% da produção em não-conformidade, devida à falta de capacitação tecnológica das empresas, não desestabiliza o mercado;
- c) poucas empresas com capacitação tecnológica e volume de produção em não-conformidade intencional desestabilizam toda a qualidade do segmento.

As entidades setoriais de produtores de materiais e componentes de construção civil devem considerar a implantação de Programas Setoriais da Qualidade (PSQ), incluindo mecanismos e dispositivos éticos contra a não-conformidade e envolvendo a cadeia produtiva. Nos PSQ

das associações de produtores de materiais e componentes estão incluídas as seguintes ações principais (PROGRAMA BRASILEIRO DA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DO HABITAT, 2004):

- a) definição do indicador de conformidade técnica, envolvendo o desenvolvimento e a apresentação da metodologia para a determinação do(s) indicador(es) setorial(is);
- b) projeto de normalização técnica, envolvendo um plano de normalização que inclua a elaboração de novas normas e adequação das existentes às necessidades da construção habitacional;
- c) programa de qualidade de produtos, envolvendo a implantação de plano de avaliação da conformidade de produtos, fundamentado na normalização técnica e nos princípios e nas responsabilidades dos agentes da cadeia produtiva e da associação setorial. Com os resultados das auditorias realizadas, no nível setorial, estabelece-se, ao longo do tempo, o histórico da conformidade técnica das empresas e, conseqüentemente, forma-se um banco de informações a serem utilizadas no combate à não-conformidade pelos agentes públicos e privados.

A elevação da conformidade técnica dos produtos no nível proposto exigirá não somente a organização dos PSQ, mas também o estabelecimento de uma cadeia de articulações que mobilize os setores do governo e da iniciativa privada, em ações práticas no efetivo combate à não-conformidade.

Os sistemas de financiamento do governo (BNDES, Caixa Econômica Federal, FINEP, Banco do Brasil e outros agentes de fomento) devem incluir nos seus contratos com as empresas beneficiadas, cláusulas que impeçam a produção em não-conformidade intencional. Da mesma forma, a SEDU/PR e as Associações Setoriais solicitam ao Banco do Brasil, Banco do Nordeste do Brasil, Caixa e Bancos Estaduais de Desenvolvimento para que não financiem a aquisição de equipamentos e produtos em não-conformidade (PROGRAMA BRASILEIRO DA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DO HABITAT, 2004).

Este capítulo deu uma visão geral sobre a situação atual de alguns intervenientes da indústria da construção civil no Brasil e algumas ações atuais que podem servir como meio à implementação da Coordenação Modular.

## 7 ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal da pesquisa foi fazer uma contribuição à implementação da Coordenação Modular da construção no Brasil, subsetor edificações. Foi realizado um levantamento de ações no passado e a situação atual para que fossem identificadas possibilidades de atuação atuais para essa implementação, com a intenção última de que a Coordenação Modular seja fato no país, sendo absorvida e aplicada por todos os intervenientes da cadeia produtiva. Através do levantamento de ações já realizadas no Brasil em prol da implantação da Coordenação Modular e daquelas que hoje têm a possibilidade de servir de meio para sua aplicação, foi possível verificar alguns entraves e, com isso, delinear algumas sugestões.

### 7.1 ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS

Analisando-se os dados levantados durante a pesquisa, pode-se fazer as seguintes colocações:

- Com relação às **normas de Coordenação Modular**, o fato de se referirem a uma “construção coordenada modularmente”, já exclui a necessidade de usá-la, pois também pode-se construir não modularmente. 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 seguidas, o que se agrava pelo fato de nem mesmo todos os intervenientes saberem que existe ou ao menos saberem de forma clara o que é a Coordenação Modular. Nem a própria ABNT, para o caso dos blocos, único elemento que tem especificação de dimensão nas NBRs, utiliza a dimensão especificada nas normas de Coordenação Modular, contradizendo-se quanto à especificação destes nas suas normas específicas, e provocando incredibilidade em relação à própria instituição normalizadora do país. As normas de Coordenação Modular nem ao menos são citadas como complementares nas demais normas (com exceção do projeto de norma) e a terminologia usada em cada uma delas não é padronizada.

- O **INMETRO**, por todas as atribuições que tem, e engajado em relação às questões de conformidade dos produtos com a normalização técnica, se mostra como um agente de suma importância para a viabilidade de aplicação de normas sobre Coordenação Modular aos componentes construtivos do país. Ele pode agir diretamente sobre o mercado. Dessa forma, ele se torna fundamental para que se possa também realizar ensaios para verificar o atendimento às dimensões modulares decimétricas dos produtos brasileiros.
- O fato de o **ensino de graduação** não contemplar o estudo da Coordenação Modular é contribuição para que os profissionais não tenham conhecimento sobre o assunto e, quando deparados frente a ele, tenham certa aversão. No entanto, se a Coordenação Modular fosse uma realidade na prática profissional, provavelmente seria abordada nas instituições de Ensino.
- As normas técnicas para **blocos e tijolos** constituem-se em uma boa forma de implantar princípios de Coordenação Modular, pois estes componentes são bastante utilizados em todo o país e de certa forma exigem que o projeto seja melhor estudado e detalhado. Contudo, é necessário que haja coerência entre elas.
- Nos **códigos de edificação**, analisando as espessuras exigidas para paredes verifica-se que não há como utilizar os princípios da Coordenação Modular neste aspecto, principalmente em relação à confecção das paredes de maior espessura. O fato de os códigos serem prescritivos limitam o uso da Coordenação Modular. Eles não são a solução, mas precisam ser reescritos para caber a ação do uso da Coordenação Modular.
- O **Manual Técnico de Modulação de Vãos de Esquadrias** mostra a necessidade real de se ter uma padronização dos elementos da indústria da construção. Caberia aos outros segmentos da construção civil a elaboração de “manuais”, a exemplo deste das esquadrias de alumínio, que apresentassem seus produtos enquadrados nos princípios da Coordenação Modular e trazendo, dessa forma, benefícios a todos os envolvidos no setor. No entanto, o Manual ficou só no papel, pois os fabricantes ainda não reformularam as dimensões das suas esquadrias.
- A partir do momento em que as normas de Coordenação Modular fossem dirigidas a toda construção, o **Código de Defesa do Consumidor** se constituiria como mais um mecanismo de proteção de interesse econômico.

- O **PBQP-H** se mostra como um grande articulador de todo o setor da indústria da construção civil. Ele se torna, assim, um instrumento de grande força para a implementação da Coordenação Modular, pois agrega forças tanto da área pública quanto da privada. Em um esforço conjunto como este, em que cada setor é responsável por si e o Programa coordena a todos, consegue-se somar esforços. Uma das grandes virtudes do PBQP-H é a criação e a estruturação de um novo ambiente tecnológico e de gestão para o setor, no qual os agentes podem pautar suas ações específicas visando à modernização, não só em medidas ligadas à tecnologia no sentido estrito mas também em tecnologias de organização, de métodos e de ferramentas de gestão. Dessa forma, cabe dentro do PBQP-H um programa específico para a Coordenação Modular, pois, com o suporte estatal que tem, pode mobilizar todos os intervenientes para a renovação das normas; para o cumprimento delas através da certificação dos componentes; para o ensino de graduação contemplar o assunto; para haver cursos dedicados aos projetistas já formados; para haver cursos dedicados aos demais profissionais envolvidos; para o consumidor também ter conhecimentos sobre o assunto. Assim, aliando esforços de todos, é que se conseguirá implementar a Coordenação Modular no país.

## 7.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após essas análises, algumas considerações podem ser feitas:

- Em relação aos pressupostos estabelecidos:
  - a) Verificou-se que realmente foram realizados estudos e ações em prol da implantação da Coordenação Modular no Brasil nos âmbitos da pesquisa, normalização e divulgação, nos quais foram despendidos inúmeros esforços, mas com a extinção do BNH foram extintas também as iniciativas mais importantes para a implantação da Coordenação Modular na indústria da construção no Brasil.
  - b) A Coordenação Modular realmente não é adotada, quer seja por falta de conhecimentos, quer seja por negligência dos intervenientes da cadeia produtiva, haja visto que, dentro dos aspectos analisados pela pesquisa, a normalização para blocos difere da normalização de Coordenação

Modular para os mesmos. A própria realização de um Manual Técnico de Modulação de Vãos de Esquadrias denota a falta de Coordenação Modular dos projetos e componentes construtivos.

- c) Alguns trabalhos que estão sendo realizados hoje no Brasil (abordados no capítulo 6) se constituem em meio importante para a implementação da Coordenação Modular, apesar de não a ter 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 dessas ações, para que não sejam perdidas novas oportunidades para sua implantação. O PBQP-H tem uma ação global sobre a cadeia produtiva e parece ser a peça-chave, pois alia agentes públicos e privados.
- Certamente existem muitos interesses em cada um dos intervenientes da cadeia produtiva da construção civil, o que gera procedimentos desconexos e contraditórios, desunindo e 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.
  - O desenvolvimento de um manual para a padronização dos vãos pelos fabricantes de esquadrias de alumínio em São Paulo é um exemplo a ser seguido pelos fabricantes de outros tipos de esquadrias e, claro, de outros componentes, sempre dentro de critérios adequados, sem distorção dos princípios da Coordenação Modular.
  - 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?
- Sugere-se que, na rotulagem das mercadorias pré-medidas pelo INMETRO, sejam colocadas, além das dimensões nominais das peças, as suas dimensões modulares e o(s) multimódulo(s) utilizado(s).
- O fato de as normas técnicas serem de caráter voluntário facilita, em muito, para que sejam negligenciadas, ainda mais no caso da Coordenação Modular, que se aplica somente à “construção coordenada modularmente”.
- A diversidade e a incoerência das normas gera confusão em relação à sua implantação; seria interessante ter-se 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 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.
- O quesito espessuras das paredes foi só um exemplo. O dimensionamento das aberturas, assim como também os recuos e as questões relativas ao parcelamento do solo merecem estudos a respeito, pois estão relacionados diretamente à Coordenação Modular, que poderia ser melhor difundida através dos códigos de edificações e dos planos diretores das cidades.
- Posicionamento mais radical por parte dos órgãos de estímulo e financiamento para aquisição de equipamentos industriais importados, o BNDES, por exemplo, com o intuito de não se ter equipamentos com outro sistema de medidas. Para realizar este 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 implementação 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.

A dissertação apresentada não traz solução às questões relativas à Coordenação Modular, mas se constitui em uma fonte para futuros estudos de maior profundidade.

### 7.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O presente tema da pesquisa foi um pouco melhor explorado através dos passos realizados nesta dissertação, proporcionando subsídios e novos parâmetros para a elaboração de trabalhos futuros mais detalhados.

Para o desenvolvimento de trabalhos futuros, sugere-se:

- realização de uma pesquisa junto aos intervenientes da cadeia com o objetivo de conhecer os gargalos existentes para sua aplicação e quais as motivações que poderiam reverter o quadro;
- revisão crítica detalhada das normas de Coordenação Modular;
- desenvolvimento de estudos de caso em edificações de alvenaria de blocos cerâmicos e de concreto, para que se observem diretrizes e busquem-se soluções para projetos que utilizem estes materiais, no que diz respeito ao uso da Coordenação Modular;
- realização de ampla pesquisa das dimensões dos componentes existentes no mercado brasileiro e através de estudos de caso, a confecção de projetos e protótipos com o intuito de verificar as questões de desperdício, custos e produtividade versus a Coordenação Modular;
- pesquisa junto à indústria de componentes da construção para verificar sua receptividade quanto a mudanças nos equipamentos, seu conhecimento das normas técnicas, etc.;

- reavaliação das dimensões dos componentes utilizados no país, a exemplo daqueles estudados no Plano de Implantação da Coordenação Modular; depois de 30 anos muitas informações podem estar obsoletas em função do avanço das técnicas e tecnologias na indústria. Em posse dessas dimensões, montar um banco de dados com os componentes modulares;
- estudo da lógica de transporte dos componentes modulares construtivos em função das dimensões dos paletes e contêineres.
- estudo das questões urbanísticas e de parcelamento do solo *versus* a Coordenação Modular.

Através de uma visão mais global, acredita-se que estas ações possam enriquecer os conhecimentos na área da Coordenação Modular da construção no Brasil, subsetor edificações, e sua conseqüente utilização por todos os intervenientes da cadeia produtiva.

## REFERÊNCIAS

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 - simposium D: Construction and the environment. Anais...* Gävle: CIB World Building Congress, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Conheça a ABNT: 60 anos.** Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br>> Acesso em 26.janeiro.2004.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5708:** Vãos modulares e seus fechamentos: procedimento. Rio de Janeiro, 1982a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5709:** Multimódulos: padronização. Rio de Janeiro, 1982b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5710:** Alturas modulares de piso a piso, de compartimento e estrutural: procedimento. Rio de Janeiro, 1982c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5711:** Tijolo modular de barro cozido: padronização. Rio de Janeiro, 1982d.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5712:** Bloco vazado modular de concreto: padronização. Rio de Janeiro, 1982e.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5713:** Altura modular de teto-piso (entre pavimentos consecutivos): procedimento. Rio de Janeiro, 1982f.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5714:** Painel modular vertical: procedimento. Rio de Janeiro, 1982g.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5716:** Componentes de cerâmica, de concreto ou de outro material utilizado em lajes mistas na construção coordenada modularmente: procedimento. Rio de Janeiro, 1982h.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5717:** Espaço modular para escadas: procedimento. Rio de Janeiro, 1982i.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5718:** Alvenaria modular: procedimento. Rio de Janeiro, 1982j.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5719:** Revestimentos: procedimento. Rio de Janeiro, 1982k.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5720**: Coberturas: procedimento. Rio de Janeiro, 1982l.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5721**: Divisória modular vertical interna: procedimento. Rio de Janeiro, 1982m.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5722**: Esquadrias modulares: procedimento. Rio de Janeiro, 1982n.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5723**: Forro modular horizontal de acabamento (placas, chapas ou similares): procedimento. Rio de Janeiro, 1982o.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5724**: Tacos modulares de madeira para soalhos na construção coordenada modularmente: procedimento. Rio de Janeiro, 1982p.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5731**: Construção modular da construção: terminologia. Rio de Janeiro, 1982r.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural: especificação. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7170**: Tijolo maciço cerâmico para alvenaria: especificação. Rio de Janeiro, 1983a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7171**: Bloco cerâmico para alvenaria: especificação. Rio de Janeiro, 1992a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7173**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural: especificação. Rio de Janeiro, 1982s.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8041**: Tijolo maciço cerâmico para alvenaria, forma e dimensões: padronização. Rio de Janeiro, 1983b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8042**: Bloco cerâmico para alvenaria, formas e dimensões: padronização. Rio de Janeiro, 1992b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto NBR XX02/2003**: Bloco cerâmico para alvenaria estrutural: especificação. Rio de Janeiro, revisão 16, setembro/2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto NBR XX03/2003**: Bloco cerâmico para alvenaria estrutural e de vedação: método de ensaio. Rio de Janeiro, revisão 14, janeiro/2004.

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

BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO. **Banco Nacional da Habitação: documenta**. S.L.: BNH, 1974.

BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO. **Plano nacional de habitação popular: planhap.** Brasília: BNH, [19--].

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

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

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. 1978a.

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.

BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL. **A Coordenação Modular da construção – experiência-piloto: planejamento geral.** Rio de Janeiro: BNH/IDEG, dez. 1978b.

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

BRASIL. **Código de defesa do consumidor.** Lei 8078, de 11 de setembro de 1990. Disponível em <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em 26.janeiro.2004.

BRASIL. Disponível em <<http://www.seduh.df.gov.br>>. Acesso em 25.janeiro.2004.

BRASIL. **Lei 4380**, de 21 de agosto de 1964. Disponível em <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em 26.janeiro.2004.

BRASIL. **Lei 5762**, de 14 de dezembro de 1971. Disponível em <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em 26.janeiro.2004.

BRASIL. **Lei 5966**, de 11 de dezembro de 1973. Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br>>. Acesso em 26.janeiro.2004.

BRASIL. **Lei 9008**, de 21 de março de 1995. Disponível em <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em 26.janeiro.2004.

BRASIL. **Lei 9933**, de 20 de dezembro de 1999. Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br>>. Acesso em 26.janeiro.2004.

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.

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

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM. **Noticiário da Coordenação Modular**, São Paulo: BNH/CBC, n. 01, dez. 1969.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM. **Noticiário da Coordenação Modular**, São Paulo: BNH/CBC, n. 02, jan. 1970a.

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. 05, abr. 1970b.

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

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM. **Noticiário da Coordenação Modular**, São Paulo: BNH/CBC, n. 17/18, abr/mai. 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. 10, set. 1970d.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM. **Noticiário da Coordenação Modular**, São Paulo: BNH/CBC, n. 11, out. 1970e.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM. **Noticiário da Coordenação Modular**, São Paulo: BNH/CBC, n. 09, out. 1970j.

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

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

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

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM. **Plano de implantação da Coordenação Modular**. BNH/CBC, 1. fase, 2. etapa, 4. volume, 1970i.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM. **Plano de implantação da Coordenação Modular**. BNH/CBC, 2. fase, 2. etapa, 2. volume, [1970?]a.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM. **Plano de implantação da Coordenação Modular**. BNH/CBC, 2. fase, 2. etapa, 3. volume, [1970?]b.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM. **Plano de implantação da Coordenação Modular**. BNH/CBC, 3. fase, 2. etapa, 1. volume, 1971d.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM. **Plano de implantação da Coordenação Modular**. BNH/CBC, 3. fase, 2. etapa, 2. volume, 1971e.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM. **Plano de implantação da Coordenação Modular**. BNH/CBC, 3. fase, 2. etapa, 3. volume, 1971f.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM. **Plano de implantação da Coordenação Modular**. BNH/CBC, 3. fase, 2. etapa, 4. volume, 1971g.

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

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

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

DUARTE, R. B. **Recomendações para o projeto e execução de edifícios de alvenaria estrutural**. Porto Alegre: SENAI, 1999.

EUROPEAN PRODUCTIVITY AGENCY. **La coordinación modular em 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.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1988.

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. In: **A industrialização da construção**, v. 2., FAUUSP, set. 1971.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. Disponível em: <<http://www.inmetro.org.br>> Acesso em 23.julho.2003.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Portaria 152**, de 08 de setembro de 1998. Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br>>. Acesso em 27.janeiro.2004.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Portaria 2**, de 08 de janeiro de 1999. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília n. 17, 26 jan. 1999.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Portaria 46**, de 29 de março de 1999. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, 9 abr. 1999.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Vocabulário internacional de termos fundamentais e gerais de metrologia**. Duque de Caxias: INMETRO, 1995.

ISATTO, E. L. et al. **Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil**. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2000.

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.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Diretrizes curriculares gerais**. Portaria 1770, de 21 de dezembro de 1994. Disponível em <<http://www.mec.gov.br>>. Acesso em 27.julho.2003.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Parecer do Conselho Nacional de Educação/Conselho de Ensino Superior**, de 12 de dezembro de 2001. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, 25 fev. 2002.

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 p. Tese (Doutorado em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

OLIVEIRA, N. C. Fases da alvenaria e pioneirismo do manual. In: **Manual técnico de alvenaria**. Coordenação de Carlos Alberto Tauil. São Paulo: ABCI/Projeto, 1990.

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



PREFEITURA MUNICIPAL DE NOVO HAMBURGO. **Código de edificações de Novo Hamburgo**. Lei Complementar 608, de 05 de novembro de 2001. Novo Hamburgo, 2003.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. **Código de edificações de Porto Alegre**. Lei Complementar 284, de 27 de outubro de 1992. Porto Alegre: Corag, 1993.

PROGRAMA BRASILEIRO DE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE NO HABITAT. Disponível em: <<http://www.pbqp-h.org.br>> Acesso em 26.janeiro.2004.

ROMAN, H. R. **Sistema construtivo em alvenaria estrutural**. Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. Apostila de aula.

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

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

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat**. Porto Alegre: SENAI/IGEC, 2002.

SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DE CONSTRUÇÃO-SP. **Estrutura da mudança**. Qualidade na construção, SINDUSCON-SP, São Paulo, n. 16, p. 12-19, 1999.

SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DE CONSTRUÇÃO-SP. **Produtividade se constrói**. Qualidade na construção, SINDUSCON-SP, São Paulo, n. 8, p. 16-33, jun. 1998.

TÉCHNE. **Números do desperdício**. São Paulo, n. 53, p. 30-47, ago. 2001.

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

WITTKOWER, R. **Los fundamentos de la arquitectura en la edad del humanismo**. Madrid: Alianza Forma, 1995.

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

YRAOLA, F. A. de. **Coordinación dimensional – industrialización de la construcción, problemas específicos, técnica de proyecto**. Madrid: Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento, [196-].

**APÊNDICE A – PROPOSTAS DO CBC PARA AS DIMENSÕES DE  
COMPONENTES MODULARES**

<b>Componente</b>	<b>Dimensões propostas no Plano de Implantação da Coordenação Modular</b>	<b>Observações e sugestões apresentadas no Plano de Implantação da Coordenação Modular</b>
<b>Paredes Interna e Externa</b>		- considerada junta de 1 cm - unidade das dimensões: cm - dimensões de projeto
- tijolos de barro	9 x 5,6 x 19 4,5 x 5,6 x 19 9 x 9 x 19 4,5 x 9 x 19	- multimódulos 2M na vertical
- blocos de concreto	19 x 19 x 39 19 x 19 x 29 19 x 19 x 19	- multimódulos 2M na vertical - necessidade de resolver os problemas decorrentes dos blocos com C=39 e C=29 cm: posição das juntas horizontais com relação ao reticulado básico de 3M; uniões e cruzamentos de paredes; aberturas de vãos; terminação de uma parede - uso do bloco de C=39 exige uso do bloco C=19 cm.
- blocos vazados de concreto para paredes divisórias não portantes	9 x 19 x 39 9 x 19 x 29 9 x 19 x 19 9 x 19 x 9 (maciço)	- multimódulos 2M na vertical
- blocos de concreto celular auto-clavado		- multimódulo 2M na vertical
	39 x 7,5 x 39 39 x 10 x 39 39 x 12,5 x 39	- multimódulo 6M na horizontal
	19 x 7,5 x 59 19 x 10 x 59 19 x 12,5 x 59	- multimódulo 3M na horizontal
- tijolos de vidro	9 x 9	- de acordo com as condições técnicas da época
- painéis pré-fabricados	- largura: Painéis 6M: 6M; 6M-L/2; 6M+L/2 Painéis 9M: 9M; 9M-L/2; 9M+L/2 Painéis 12M: 12M; 12M-L/2; 12M+L/2 - altura: Painéis 26M; 27M (26M+10M para permitir engastamento no piso) Painéis 28M; 29M (28M+10M para permitir engastamento no piso)	- portas - janelas

<b>Cobertura e Forros</b>		- melhor é a locação pelo eixo - foram estudadas as coberturas inclinada e plana																						
Coberturas inclinadas		- módulo auxiliar em função da inclinação: $M/\cos\alpha$ , onde $\alpha$ é o ângulo da inclinação da cobertura - foram levadas em consideração a relação existente entre os módulos verticais (2M) e horizontais (3M) - considerando que a distância ideal entre duas terças é 18M, tanto para cobertura de telhas cerâmicas quanto de cimento amianto, chegou-se às seguintes porcentagens de inclinação para as coberturas: $4M/18M = 22\%$ $6M/18M = 33,3\%$ $8M/18M = 44,4\%$ $10M / 18M = 55,5\%$																						
- telhas de cimento amianto	<table border="1"> <tr> <td>Projeção horizontal</td> <td>9M</td> <td>12M</td> <td>15M</td> <td>18M</td> <td>21M</td> <td>24M</td> <td>27M</td> </tr> <tr> <td>Tamanho da telha (largura)</td> <td>110</td> <td>142</td> <td>174</td> <td>206</td> <td>238</td> <td>270</td> <td>302</td> </tr> </table>	Projeção horizontal	9M	12M	15M	18M	21M	24M	27M	Tamanho da telha (largura)	110	142	174	206	238	270	302	- telhas com 22%: recobrimento de 17 cm - telhas com 33%: recobrimento de 14 cm - h: não foi modulada, pois praticamente não influencia na construção modular do projeto - h: poderá ser $1/2M$						
Projeção horizontal	9M	12M	15M	18M	21M	24M	27M																	
Tamanho da telha (largura)	110	142	174	206	238	270	302																	
- telhas tipo calha	- as larguras úteis destas telhas devem ser fabricadas em múltiplos de 3M, podendo o seu perfil variar de acordo com a possibilidade de vencer vãos maiores ou menores	- são usadas normalmente para coberturas planas, sendo seu caimento apenas para o escoamento de água																						
- telhas francesas	36 cm	- telhas com 33%																						
	39 cm	- telhas com 55%																						
- telhas de alumínio	- larguras úteis múltiplas de 3M	- os perfis podem ser ondulados ou trapezoidais																						
- madeiramento para cobertura	<table border="1"> <tr> <td>- ripas</td> <td>1 x 5</td> </tr> <tr> <td>- sarrafos</td> <td>2,5 x 5</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2,5 x 10</td> </tr> <tr> <td>- caibros</td> <td>5 x 5</td> </tr> <tr> <td></td> <td>5 x 7,5</td> </tr> <tr> <td>- guias</td> <td>2,5 x 15</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2,5 x 20</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2,5 x 30</td> </tr> <tr> <td>- vigas</td> <td>5 x 10</td> </tr> <tr> <td></td> <td>5 x 15</td> </tr> <tr> <td></td> <td>5 x 20</td> </tr> </table>	- ripas	1 x 5	- sarrafos	2,5 x 5		2,5 x 10	- caibros	5 x 5		5 x 7,5	- guias	2,5 x 15		2,5 x 20		2,5 x 30	- vigas	5 x 10		5 x 15		5 x 20	- devem ser dimensionados dentro dos submúltiplos modulares - dimensões em cm
- ripas	1 x 5																							
- sarrafos	2,5 x 5																							
	2,5 x 10																							
- caibros	5 x 5																							
	5 x 7,5																							
- guias	2,5 x 15																							
	2,5 x 20																							
	2,5 x 30																							
- vigas	5 x 10																							
	5 x 15																							
	5 x 20																							

Lajes de cobertura plana	- vão livre = $(3n - 1) M$ - comprimento da laje = $3n \times M$	
	- vão livre = $(3n - 2) M$ - comprimento da laje = $(3n-1) M$	
	- vão livre = $(3n - 1,5) M$ - comprimento da laje = $(3n - 2) M$	
<b>Acabamentos</b>		- dimensões modulares preferenciais dos materiais de acabamento, de acordo com suas condições técnicas, deverão ter relações diretas com os multimódulos horizontais 3M e verticais 2M
- sendo quadrados	1M x 1M 2M x 2M 3M x 3M 6M x 6M 9M x 9M, etc.	
- sendo retangulares	1M x 2M ; 1M x 3M ; 1M x 6M ; etc. 2M x 3M; 2M x 6M; 2M x 8M; 2M x 9M; etc. 3M x 6M ; 3M x 8M ; 3M x 9M ; 3M x 10M ; etc. 6M x 8M ; 6M x 9M ; 6M x 12M ; etc.	
- outros formatos		- qualquer outra forma deve estar contida nas dimensões modulares preferenciais e apresentar o menor número possível de peças de fechamento
<b>Acabamentos verticais</b>		
- lambris de madeira	- preferencialmente larguras de 1M e 2M - excepcionalmente 3M/2 e comprimento de 26M, 14M, 8M e 4M	
- espessuras de acabamentos verticais (colocar figura página 15)		
<b>Acabamentos horizontais</b>		
- pisos	- tacos: 1M x 2M; excepcionalmente poderão ter M/2 x M ou 3M/4 x 3M/2 - assoalhos: largura 1M ou 2M e excepcionalmente 3M/2 e 3M/4, sendo o comprimento multimódulos de 3M	
- forros	- mesmas dimensões recomendadas para acabamentos verticais	

<b>Portas e janelas</b>			
- portas	- medidas horizontais: 7M, 8M, 9M, 10M - medidas verticais (a partir do piso acabado): 22M, 24M, 26M		
- janelas	- altura modular para as caixas das persianas deverá ser igual a 4M		
	Tipo de janela	Medidas horizontais	Medidas verticais
	Janelas simples		
	- basculante	6M, 9M, 12M	4M, 6M, 8M
	- de abrir vertical	9M, 12M ou vãos duplos	12M, 14M, 16M
	- guilhotina	9M, 12M ou vãos duplos	14M, 16M
	- de correr horizontal	9M, 12M, 15M, 18M, 21M	12M, 14M, 16M
	Janelas duplas		
	- de abrir vertical com veneziana	9M, 12M ou vãos duplos	12M, 14M, 16M
	- guilhotina com veneziana de abrir	9M, 12M ou vãos duplos	14M, 16M
	- de correr horizontal e persiana de enrolar	12M, 15M, 18M, 21M	12M, 14M, 16M
	- de correr horizontal com veneziana	12M, 15M, 18M, 21M	12M, 14M, 16M
	Janelas complexas	18M até 33M, com incremento de 3M	22M, 24M, 26M (altura do pé-direito)

Propostas para dimensões de componentes modulares (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO; CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970f, 1970g, 1970h, 1970i)

**APÊNDICE B – PROGRAMA DA EXPOSIÇÃO ITINERANTE**

## 1. O PROBLEMA HABITACIONAL: O BNH

## 2. A PRODUTIVIDADE E OS CUSTOS DE PRODUÇÃO

- casualidade
- desperdícios

## 3. OBJETIVOS

- racionalização
- qualidade
- produção em série

## 4. INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

- sistema total (fechado)
- sistema integrado (aberto)

## 5. O MÓDULO NA ARQUITETURA (módulo-medida)

- interpretação clássica: gregos (estética)
- interpretação prática: japoneses (funcional)

## 6. O MÓDULO NO PROCESSO ARQUITETÔNICO-CONSTRUTIVO (módulo-objeto)

- indústria automobilística: indústria de autopeças
- indústria de construção: indústria de componentes
- coordenação modular

## 7. MEIOS DE INDUSTRIALIZAÇÃO

- planejamento
- padronização
- integração

## 8. INSTRUMENTOS DA COORDENAÇÃO MODULAR

- sistema modular de medidas
- sistema de referência
- sistema de medidas de coordenação
- sistema de números preferenciais
- sistema de ajustes e tolerâncias



## 9. PROJETO MODULAR

- o projeto do componente (desenho industrial)
- o projeto do edifício (arquitetura)

## 10. NORMAS

- norma básica NB-25/69

## 11. A IMPLANTAÇÃO DA COORDENAÇÃO MODULAR

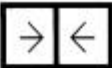

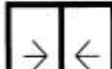



- ação política: BNH e ABNT
- ação técnica: CBC




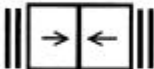
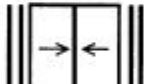


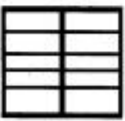
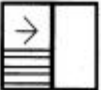
## 12. O PAPEL DO BOUWCENTRUM

- o que é o CBC
- estudos e pesquisas
- cursos
- assistência técnica
- divulgação

## 13. A COOPERAÇÃO INTERNACIONAL

**APÊNDICE C – CATÁLOGO DE VÃOS MODULARES, TIPOLOGIAS E  
ESQUADRIAS PREFERIDAS**

TIPOLOGIAS	VÃO MODULAR	ESQUADRIA DIMENSÃO	VÃO VEDAÇÃO	VÃO ILUMINAÇÃO VENTILAÇÃO
<b>JC-2F</b> Janela de Correr 2 Folhas 	1.200 X 1.200	1.150 X 1.150	1.210 X 1.210	1.100 X 1.100
	1.500 X 1.200	1.450 X 1.150	1.510 X 1.210	1.400 X 1.100
<b>JC-3F/V</b> Janela Correr 3 Folhas com Veneziana 	1.200 X 1.200	1.150 X 1.150	1.210 X 1.210	550 X 1.100
	1.500 X 1.200	1.450 X 1.150	1.510 X 1.210	700 X 1.100
<b>PC-2F</b> Porta de Correr 2 Folhas 	1.500 X 2.200	1.450 X 2.150	1.510 X 2.210	1.400 X 2.100
	2.000 X 2.200	1.950 X 2.150	2.010 X 2.210	1.900 X 2.100
	2.400 X 2.200	2.350 X 2.150	2.410 X 2.210	2.300 X 2.100
<b>PC-3F/V</b> Porta Correr 3 Folhas com Veneziana 	1.500 X 2.200	1.450 X 2.150	1.510 X 2.210	700 X 2.100
	2.000 X 2.200	1.950 X 2.150	2.010 X 2.210	850 X 2.100
<b>PC-4F</b> Porta de Correr 4 Folhas 	3.000 X 2.200	2.950 X 2.150	3.010 X 2.210	2.900 X 2.100
<b>JC-2F/P</b> Janela de Correr 2 Folhas com Persiana de Enrolar 	1.200 X 1.200	1.150 X 1.150	1.210 X 1.210	1.100 X 1.000
	1.500 X 1.200	1.450 X 1.150	1.510 X 1.210	1.400 X 1.000

TIPOLOGIAS	VÃO MODULAR	ESQUADRIA DIMENSÃO	VÃO VEDAÇÃO	VÃO ILUMINAÇÃO VENTILAÇÃO
<b>PC-2F/P</b> Porta de Correr 2 Folhas com Persiana de Enrolar 	<b>1.200 X 2.300</b>	<i>1.150 X 2.250</i>	1.210 X 2.310	1.100 X 2.100
	<b>1.500 X 2.300</b>	<i>1.450 X 2.250</i>	1.510 X 2.310	1.400 X 2.100
<b>PA-1F</b> Porta Pivotante Vertical de 1 Folha 	<b>900 X 2.200</b>	<i>850 X 2.150</i>	910 X 2.210	800 X 2.100
<b>PA-2F</b> Porta de Abrir 2 Folhas 	<b>1.500 X 2.200</b>	<i>1.450 X 2.150</i>	1.510 X 2.210	1.400 X 2.100
<b>JC- 2F/C</b> Janela de Correr 2 Folhas Camarão 	<b>1.200 X 1.200</b>	<i>1.150 X 1.150</i>	1.210 X 1.210	1.100 X 1.100
	<b>1.500 X 1.200</b>	<i>1.450 X 1.150</i>	1.510 X 1.210	1.400 X 1.100
<b>PC-2F/C</b> Porta de Correr 2 Folhas Camarão 	<b>1.500 X 2.200</b>	<i>1.450 X 2.150</i>	1.510 X 2.210	1.400 X 2.100
	<b>2.000 X 2.200</b>	<i>1.950 X 2.150</i>	2.010 X 2.210	1.900 X 2.100
<b>RF-1F</b> Requadro Fixo 1 Folha 	<b>600 x 600</b>	<i>550 x 550</i>	610 x 610	500 x 500
	<b>800 x 600</b>	<i>750 x 550</i>	810 x 610	700 x 500
<b>Mx-1F</b> Maxim-ar 1 Folha 	<b>600 x 600</b>	<i>550 x 550</i>	610 x 610	500 x 500
	<b>800 x 600</b>	<i>750 x 550</i>	810 x 610	700 x 500
	<b>1.000 x 600</b>	<i>950 x 550</i>	1.010 x 610	900 x 500
<b>VP-2F</b> Ventilação Permanente 2 Folhas 	<b>1.200 X 1.200</b>	<i>1.150 X 1.150</i>	1.210 X 1.210	1.100 X 1.100
<b>PC-1F/AS</b> Porta Correr para área de serviço 	<b>1.500 X 2.200</b>	<i>1.450 X 2.150</i>	1.510 X 2.210	1.400 X 2.100

Obs.: Medidas em mm

Catálogo de vãos modulares, tipologias e esquadrias preferidas (LUCINI, 2001)